Látszóbeton. „Panel homlokzatok és mozaiklap burkolatok esztétikus kialakítása" címmel 1969. június 25. – július 2. között rendezett kiállítás *(2008. július)*	
Légbuboréktartalom, távolsági tényező. Fogalom *(2008. december)*	
Nagy betonszilárdsági szórás *(1998. szeptember)*	
Nagyhézagtérfogatú könnyűbeton	Dolgozat *(1998. október)*
	Fogalom *(2002. szeptember)*
Nagyszilárdságú beton *(2009. szeptember)*	
Normál és nehéz betonok nyomószilárdsági osztályai, küszöb és átlag értékei; környezeti osztályok *(2001. április; 2004. február; környezeti osztályok 2020. évi frissítése)*	
Pórusbeton, lásd gázbeton	
Saválló beton *(2024. február)*	

Lásd: BME-építőanyag-gyakorlat 105 és 122 Beton környezeti osztályai

PANEL HOMLOKZATOK

ÉS MOZAIKLAP BURKOLATOK

ESZTÉTIKUS KIALAKÍTÁSA

kiállítás

1969. június 25–július 2

Javaslom, hogy „diavetítés” módban szíveskedjenek megtekinteni.

AZ ÉPÍTÉSÜGYI ÉS VÁROSFEJLESZTÉSI MINISZTÉRIUM
MŰSZAKI FEJLESZTÉSI FŐOSZTÁLYA
A SZILIKÁTIPARI KÖZPONTI KUTATÓ ÉS TERVEZŐ INTÉZET
ÉS A 43. SZ. ÁLLAMI ÉPÍTŐIPARI VÁLLALAT ÁLTAL

PANEL HOMLOKZATOK ÉS MOZAIKLAP BURKOLATOK ESZTÉTIKUS KIALAKÍTÁSA

címmel rendezett kiállítás

KATALÓGUSA

A KIÁLLÍTÁS HELYE:

a 43. sz. Állami Építőipari Vállalat 1. sz. Házgyára
Budapest, III. Szentendrei út 101.

A KIÁLLÍTÁS MEGTEKINTHETŐ:

1969. június 25–július 2 között,
8–16 óráig, szombat és vasárnap kivételével.

Összeállitotta a kiállitók közremöködésével és adataiknak felhasználásával:

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet

Budapest X. , Bihari u. 6.

Témafelelős a SZIKKTI Betonosztálya (tud. osztályvezető: *Dr. Székely Ádám*) volt, a kiállítás létrehozásának szervezését *dr. Kausay Tiborra* bizták.

A megbízó ÉVM Műszaki Fejlesztési Főosztályát *Diószeghy Miklós* képviselte.

A kiállításon hangsúlyos szerep jutott
az *építési kőanyagoknak*.
A kiállítók elsősorban adalékanyag-mintás
és hőkezelt vulkáni tufás, ill. kavicsos *látszóbeton* felületeket,
valamint kőberakásos *padlóburkolólapokat* mutattak be.

Kiállítási katalógus:

BEVEZETŐ

A panel homlokzatok és mozaiklap burkolatok gyártása terén eddig elért eredmények és az ezekkel kapcsolatos mai lehetőségek közös kiállitáson való bemutatása szokatlannak tünik. Az egyik burkolatféleség épületeink külső, a másik belső megjelenését befolyásolja, az egyik funkciójában és technológiájában ujkeletü, a másik több évtizedes multra tekint vissza, az egyik a páradiffuzióban szerepet játszó diszitő burkolat, a másik terhet közvetitő elem, és igy sorolhatnánk tovább mindazokat a tulajdonságokat, amelyek a kétfajta burkolat egyidejü tárgyalásmódja ellen szólnak. Ennek ellenére mégis közös kiállitás mellett döntöttünk, mert mindkét burkolat esetenként kifogásolható esztétikai megjelenése többek között a mindkettőben közös betonalkotó anyagokkal kapcsolatos.

Hazánkban a IV. ötéves terv időszakában mintegy 150.000 panelos lakás épül, a mozaiklaptermelés pedig az 1970 évi több, mint 4.000.000 m2-ről 1975 évre közel 6.000.000 m2-re emelkedik.

Példaképp megemlitjük, hogy a homlokzati panelek és mozaiklapok gyártása céljára csak 1970-ben 140.000 tonna anyagában és a feldolgozási technológia kölcsönözte minőségében is kifogástalan kőőrleményre, kavicsra, zuzottkavicsra, gyöngykavicsra van szükség. Ez a mennyiség az ország ilyen irányu termelésének pusztán csak 0,5 %-át teszi ki ugyan, biztositása a speciális igényekre való tekintettel mégis gondot okoz. Gondot okoz egyrészt, mert esztétikus, minőségileg megfelelő és ugyanakkor gazdaságosan bányászható kőanyagban szegények vagyunk, másrészt, mert az adalékanyag minőség javitás igénye egyuttal beruházási igényt is jelent.

Ahhoz azonban, hogy a fejlesztés szükséges irányvonalát kijelölhessük, előbb látnunk kell, hogy az eddigi, az esztétikus panel felületek és mozaiklap burkolatok kialakitása érdekében jelentős áldozatok árán végzett munka milyen eredményeket hozott, melyek ma a panelhomlokzatok kialakitására rendelkezésünkre álló burkolatok és milyen betervezhető és ugyanakkor esztétikus mozaiklapokat gyárt az ipar.

A kiállitás megrendezésének gondolata az Épitésügyi és Városfejlesztési Minisztériumban fogant meg azzal a céllal, hogy a beruházók, tervezők, kivitelezők megismerjék és alkalmazzák a különböző paneles homlokzatképző technológiák hazánkban

ma, vagy esetleg a közeljövőben alkalmazható termékeit, ezen technológiák mellett felhasználható anyagféleségeket, a ma gyártott, vagy a közeljövőben gyártásra kerülő jó minőségü, esztétikus mozaiklapokat, mindezek irányát, az egyes minták között összehasonlitást tegyenek és nem utolsó sorban a látottakkal kapcsolatos véleményüknek hangot adjanak, ezzel egyuttal segitséget nyujtva a további fejlődés irányvonalának kijelöléséhez.

PANELLHOMLOKZATOK
ÉS
MOZAIKLAP
BURKOLATOK
BEMUTATÓ
KIALLITÁSA

111

Mintaszám

43. sz. Állami Épitőipari Vállalat ..... 1 - 28

Győr megyei Állami Épitőipari Vállalat ..... 29 - 39

Borsod megyei Állami Épitőipari Vállalat ..... 40 - 69

Baranya megyei Állami Épitőipari Vállalat ..... 70 - 79

BVM Budapesti Betonárugyára ..... 80 - 85

BVM Miskolci Gyára ..... 86 - 98

BVM Pécsi Gyára 99

Kőfaragó és Épületszobrászipari Vállalat ..... 100 - 103

Országos Szakipari Vállalat ..... 104 - 110

FIM Alföldi Porcelángyár 111

FIM Pécsi Porcelángyár 112

FIM Romhányi Cserépkályhagyár ..... 113 - 116

Épületkerámia és Burkolóanyagipari Vállalat 117

Budapesti Épitőanyagipari KTSZ ..... 118 - 119

Tolna megyei Állami Épitőipari Vállalat 120

Építéstudományi Intézet ..... 121 - 127

43. sz. Állami Épitőipari Vállalat

Budapest, XI., Dombovári ut 19.

Telefon: 452-720

A 43. sz. Állami Épitőipari Vállalat kimosott, bemosott, szórt, stokkolt zuzalékos és kavicsos felsőgyártásu panelfelületeket, valamint zuzalékos és müanyaghabarcsos alsó-gyártásu homlokzati paneleket mutat be a kiállitáson.

A kimosott, bemosott, szórt felületek finom anyagának kimosása, vagy bemosása, zuzalék szórása hőérlelés előtt történik, mig erre az alsógyártásu paneleknél lehetőség nincs.

A kimosásos eljárás alkalmazása során földnedves konzisztenciáju, tehát vizet, cemen tet, homokot és zuzalékot vagy kavicsot tartalmazó keverék készül, amelyet vashenger-rel behengerelünk a panel felületbe. Ezt követően csekély vizfelhasználással a finom-szemeket a felületből kimosással eltávolitjuk.

A bemosásos eljárás felületi keverékét szárazon állitjuk elő és hordjuk fel a panelra. Vizet a felületi réteg csak az un. "bemosás" alkalmával kap, miáltal a finomszemcsék a hézagos felületbe bemosódnak.

A szórt eljárás alkalmazása során a friss panelfelületre egy viszonylag hig cementet és homokot tartalmazó H 50 jelü fektető habarcs kerül, amelybe a homlokzatképző zuzalékokot beszórjuk.

Az alsógyártásu homlokzatpanelek készitésekor a felületképző cement- zuzalék- homok- viz keverék a kötéskésleltetővel bekent sablon aljára kerül. A panel további rétegeinek beépitése után pihentetés, hőérlelés, majd a sablon eltávolitása után a felület kimosása következik.

A 43. sz. Állami Épitőipari Vállalat a kiállitott paneleken homlokzatképző kő- és kavics anyagként a Pestvidéki Kőbánya Vállalat leányvári fehér és keszegi fehér mészkövét, a Mátravidéki Kőbánya Vállalat szarvaskői diabázát, a Középdunántuli Kőbánya Vállalat

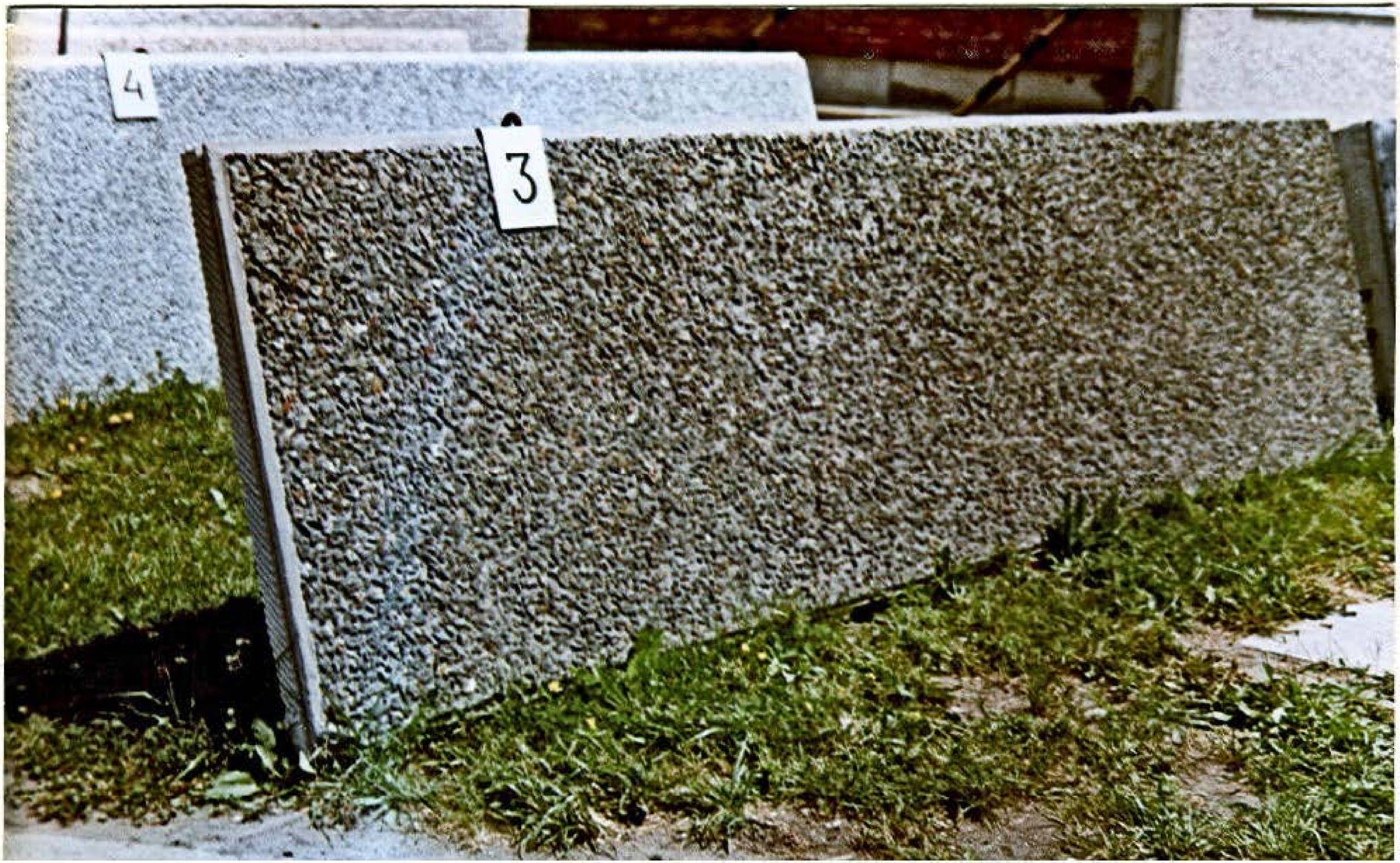
zalahalápi bazaltját, a Kőfaragó és Épületszobrászipari Vállalat rakacai szürke márványát és tardosi vörös mészkövét, a Baranya megyei Építőanyagipari Vállalat kantavári fekete mészkövét, a Folyamszabályozó és Kavicskotró Vállalat dunai kavicsát, valamint a Kavicsbánya Vállalat csepeli üzemének zuzott kavicsát, és lengyel debnyiki kőbánya fekete mészkövét használta fel.

A megadott tájékoztató árakkal kapcsolatban megemlitjük, hogy azok bruttó árak.

A megadott árak 65,0 - 102,0 Ft/m^2 között mozogtak.

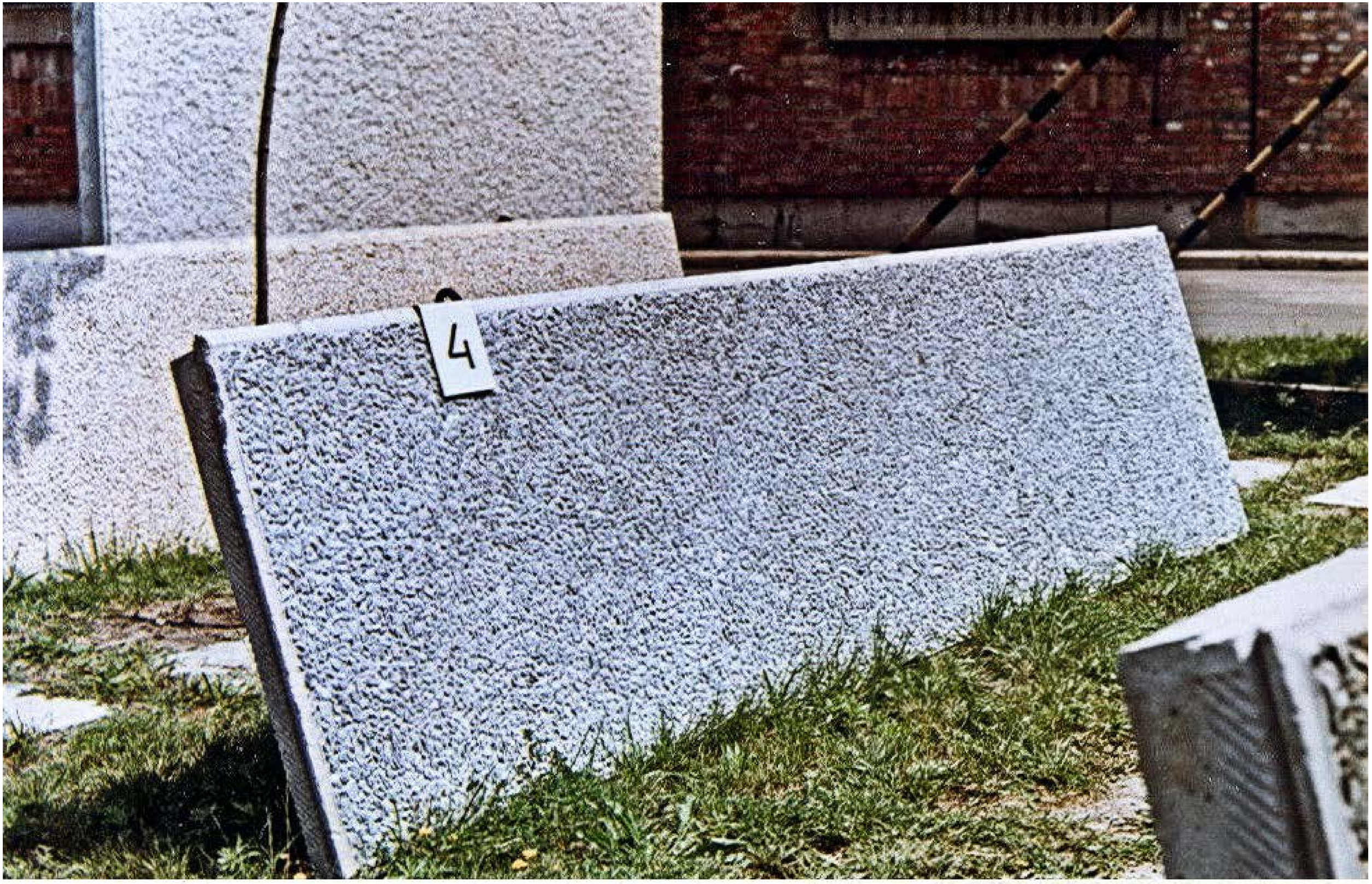
1. Kimosott felületü mészkő zuzalékos panel.

Leányvári fehér mészkő zuzalék, normál p. c. habarcsban.



3. Kimosott felületü diabáz zuzalékos panel.

Szarvaskői diabáz zuzalék, 1% fekete festékkel festett normál p. c. habarcsban.



4. Kimosott felületü márvány zuzalékos panel.

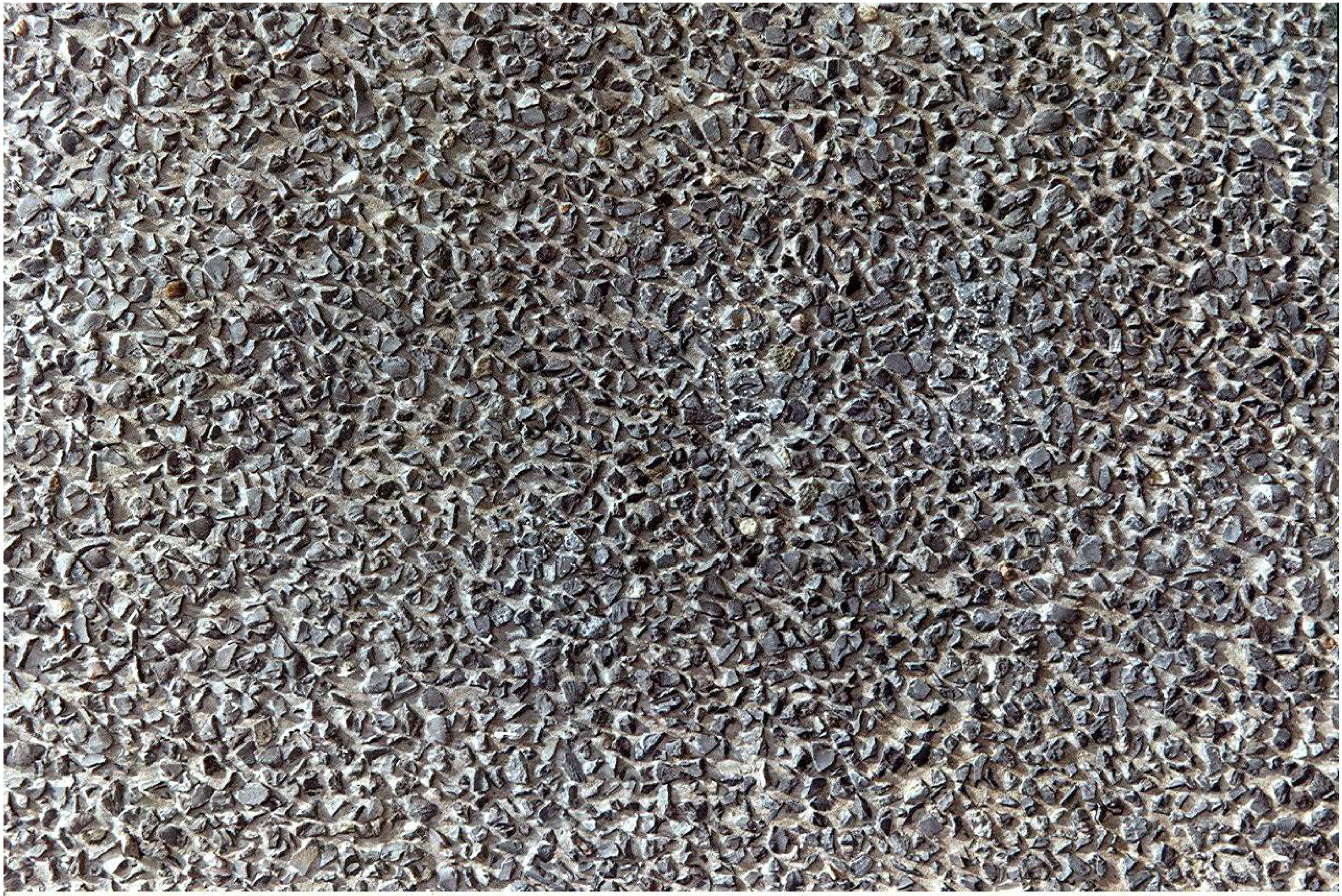
Rakacai szürke márvány zuzalék, fehér cement habarcsban.

7. **Kimosott felületü mészkő zuzalékos panel.**

Kantavári fekete mészkő zuzalék, 3 % fekete festékkel festett normál p. c. habarcsban.

8. Kimosott felületü természetes kavicsos panel.

20-35 mm ø dunai természetes kavics, fehér cement habarcsban.



10. Kimosott felületü bazalt zuzalékos panel.

Zalahalápi zömök szemcsealaku bazalt zuzalék, fehér cement habarcsban.

11. Kimosott felületü mészkő zuzalékos panel.

Tardosi vörös mészkő zuzalék, normál p. c. habarcsban

12. Kimosott felületü természetes kavicsos panel.

7-10 mm ø dunai kavics, normál p. c. habarcsban

14. Kimosott felületü zuzott kavicsos panel

20-35 mm Ø dunai zuzott kavics, fehér cement habarcsban

22. Bemosott felületü diabáz zuzalékos panel
Szarvaskői diabáz zuzalék, fehér cement habarcsban

22. Bemosott felületü diabáz zuzalékos panel

Szarvaskői diabáz zuzalék, fehér cement habarcsban

24. Kimosott felületü mészkő és diabáz zuzalékos homlokzati panel
Parapett és szemöldök leányvári mészkő zuzalék, ablakmező szarvaskői diabáz zuzalék, normál p. c. habarcsban

25. Szórt felületü mészkő és bazalt zuzalékos homlokzati panel

Parapett és szemöldök leányvári mészkő zuzalék, az ablakmező zalahalápi bazalt zuzalék. Érlelés előtt normál p. c. habarcsba szórt zuzalék

Borsod megyei Állami Épitőipari Vállalat

Alsózsolca

Telefon: Miskolc 15-078

Telex: 6 - 2250

Mintaszám: 40. - 69.

A Borsodmegyei Állami Épitőipari Vállalat panelfelületeit a Mátravidéki Kőbánya Vállalat gyöngyössolymosi, a Kőfaragó és Épületszobrászipari Vállalat rakacai, siklósi és tardosi, az Edelényi Járási Tanács tornanádaskai, az Erdőgazdaság szendrőládi és felsőtárkányi kőbányájából, a Kavicsbánya Vállalat nyékládházi, a Beton és Vasbetonipari Müvek Alsózsolcai Gyárának alsózsolcai kavicsbányájából származó anyagokkal képezte ki.

A kőanyagok felhasználásával készült felületek tájékoztató bruttó árai, annak feltételezésével készültek, hogy a kőanyag bányakő állapotban kerül beszerzésre és a házgyárnak magának kell előállitani a szükséges frakciót. Amennyiben a zuzalék a kivánt szemnagyságban a házgyár rendelkezésére áll, akkor az árak m2-ként hozzávetőlegesen 100,- Ft-tal csökkennek. **Az árak 110,0 - 260,0 Ft/m² között mozogtak.**

A felhasznált szintelen lakk a Tiszavidéki Vegyi Kombinát terméke. A kerámia kismozaiklap az Épületkerámia és Burkolóanyagipari Vállalat terméke.

A MISCOLOR kavics szinező eljárás bejegyzett szabadalom. Feltaláló: dr. Antal Boza József tanszékvezető docens, Miskolci Nehézipari Müszaki Egyetem, Tüzeléstani Tanszék. A bemutatott mintaelemekhez felhasznált alapanyag a Beton és Vasbetonipari Müvek Alsózsolcai Gyárának alsózsolcai kavicsa. A MISCOLOR eljárással 1 m2 felület burkolásához szükséges kavicsmennyiség szinezésének költsége átlag 52,- Ft.
A bemutatott felületeket az alábbiakban ismertetjük.

40. Rakacai szürke márvány 10-20 mm szemnagyságu zuzalékkal, mosott fehér cementes felület, lakkozott kivitelben.

40. Rakacai szürke márvány 10-20 mm szemnagyságu zuzalékkal, mosott fehér cementes felület, lakkozott kivitelben.

40. Rakacai szürke márvány 10-20 mm szemnagyságu zuzalékkal, mosott fehér cementes felület, lakkozott kivitelben.

41. Rakacai szürke márvány 20-40 mm szemnagyságu zuzalékkal, mosott fehér cementes felület, lakkozott kivitelben.

42. Tornanádaskai fehér alapu piros erezésü 20-30 mm szemnagyságu mészkő zuzalékkal, mosott fehér cementes felület felületi lakkbevonattal

45. **Siklósi sárga 10-20 mm szemnagyságu mészkő zuzalékkal, mosott fehér cementes felület felületi lakkbevonattal.**

46. Siklósi piros 10-20 mm szemnagyságu mészkő zuzalékkal, mosott fehér cementes felület felületi lakkbevonattal.

46. Siklósi piros 10-20 mm szemnagyságu mészkő zuzalékkal, mosott fehér cementes felület felületi lakkbevonattal.

48. Tardosi vörös mészkő 5-10 mm szemnagyságu zuzalékkal, mosott fehér cementes felület felületi lakkbevonattal.

48. Tardosi vörös mészkő 5-10 mm szemnagyságu zuzalékkal, mosott fehér cementes felület felületi lakkbevonattal.

50. Nyékládházi 40-60 mm szemnagyságu durva kaviccsal, mosott szürke cementes felület felületi lakkbevonattal.

50. Nyékládházi 40-60 mm szemnagyságu durva kaviccsal, mosott szürke cementes felület felületi lakkbevonattal.

54. Alsózsolcai 5-10 mm szemnagyságu finom kaviccsal, mosott fehér cementes felület felületi lakkbevonattal.

54. Alsózsolcai 5-10 mm szemnagyságu finom kaviccsal, mosott fehér cementes felület felületi lakkbevonattal.

55. Szendrőládi szürke 5-10 mm szemnagyságu mészkő zuzalékkal, mosott fehér cementes felület felületi lakkbevonattal.

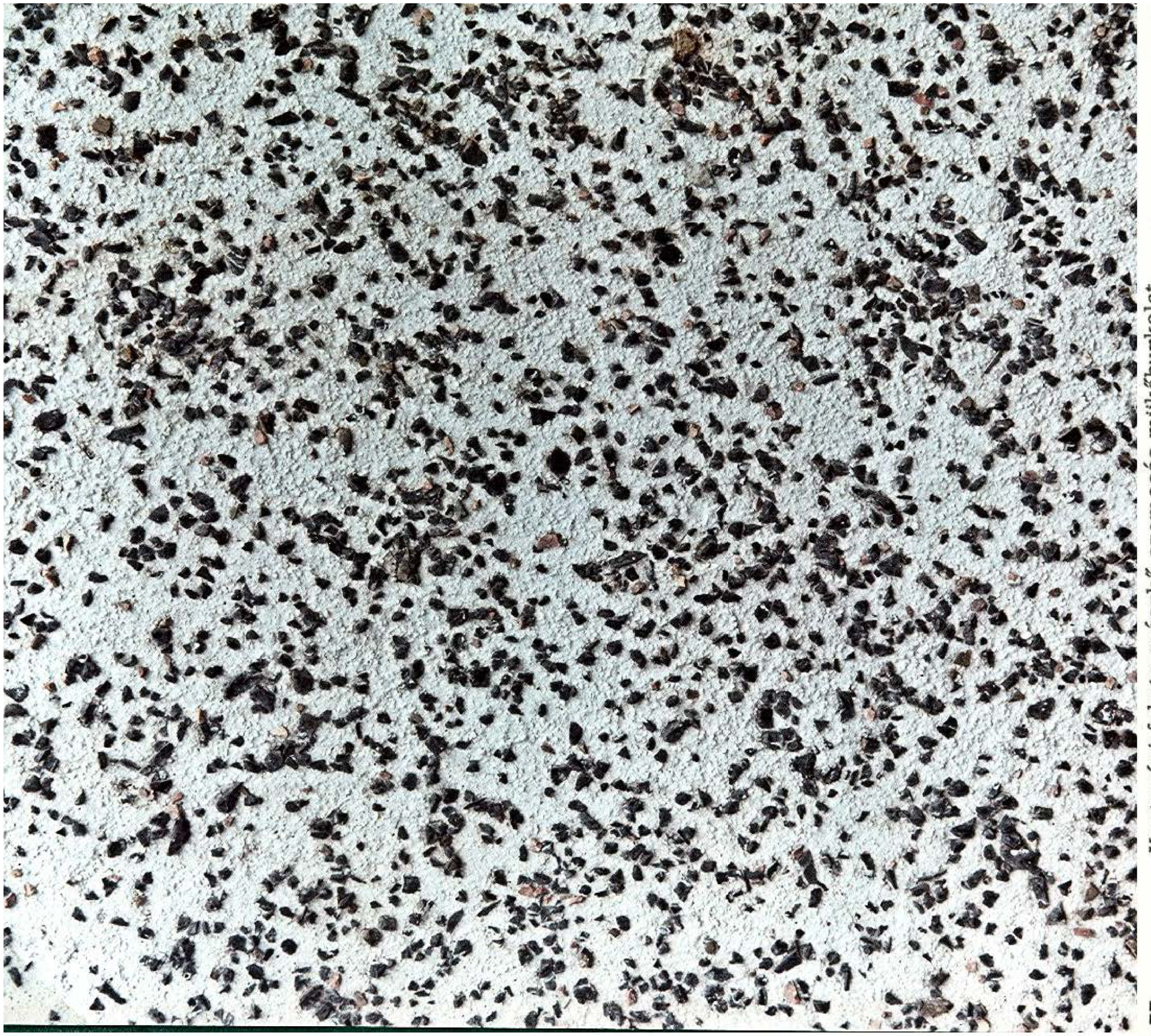
56. Felsőtárkányi fekete 5 mm szemnagyságu mészkő zuzalékkal, mosott szürke cementes felület felületi lakkbevonattal.

60. 40-60 mm szemnagyságu bazalt żuzalékkal és alsózsolcai 7-15 mm szemnagyságu kavics betéttel, mosot fehér cementes felület felületi lakkbevonattal.

64. Halványlila szinü Miscolor, 10-15 mm szemnagyságu szinezett kavicscsal, mosott fehér cementes felület felületi lakkbevonattal.

72. Pirogránit (FIM Pécsi Porcelángyár)
homlokzati lapburkolat

75. Leányvári
mészkőzúzalék alapanyagú,
Stollack műanyag festésű homlokzatburkolat



77. Kantavári fekete mészkő szemcsés mükőburkolat.

A burkolat leányvári fehér mészkővet (Pestvidéki Kőbánya Vállalat) kantavári fekete mészkövet (bánya: Baranya megyei Épitőanyagipari Vállalat, örlőmü: Beton- és Vasbetonipari Müvek Pécsi Gyárának Hirdi Üzeme) és fehércementet tartalmaz.

Kantavári fekete mészkő szemcsés mükőburkolat.

A burkolat leányvári fehér mészkővet (Pestvidéki Kőbánya Vállalat) kantavári fekete mészkövet (bánya: Baranya megyei Épitőanyagipari Vállalat, örlőmü: Beton- és Vasbetonipari Müvek Pécsi Gyárának Hirdi Üzeme) és fehércementet tartalmaz.

Mintaszám: 86. - 99.

Beton és Vasbetonipari Müvek

Miskolci Gyára

Miskolc, József Attila u. 23-25.

Telefon:Miskolc 36-93

Telex: 6- 2277

A Beton és Vasbetonipari Müvek Miskolci Gyára 25x25 cm méretü mozaiklapokat mutat be. A mozaiklapok adalékanyagként szolgáló felnémeti fehér mészkő az Országos Érc- és Ásványbányászati Vállalat, a tardosi vörös mészkő a Kőforagó és Épületszobrászipari Vállalat, a kantavári fekete mészkő a Baranya megyei Épitőanyagipari Vállalat, a hejőcsabai fehér a Cement és Mészmüvek kőbányájából származik és őrlésüket a Beton és Vasbetonipari Müvek Miskolc Gyárának felnémeti üzeme végezte. A gyöngykavicsot a Beton és Vasbetonipari Müvek Alsózsolcai Gyára szállitotta.

Mintaszám

86. Sárga mikroszemcsés SUPER mizaiklap.

Finom szem: Felnémeti fehér mészkő

Kötőanyag: Fehér cement

87. Fehér alapon vörös szemcsét tartalmazó mozaiklap

Finom szem: Felnémeti fehér mészkő

Durva szem: Tardosi vörös (III-IV) mészkő

Kötőanyag: Fehér cement

88. Fekete AIDA mozaiklap.

Finom szem: Kantavári fekete mészkő

Durva szem: Felnémeti fehér mészkő

Kötőanyag: C500 pc.

89. BÜKK mozaiklap.

Finom szem: Félnémeti fehér és kantávári fekete (I) mészkő

Durva szem: Felnémeti fehér mészkő

Kötőanyag: Fehér cement

90. Vörös AIDA mozaiklap

Finom szem: Tardosi vörös mészkő

Durva szem: Felnémeti fehér mészkő

Kötőanyag: Fehér cement

91. CSABA mozaiklap

Finom szem: Hejőcsabai fehér mészkő

Durva szem: Kantavári fekete mészkő

Kötőanyag: Fehér cement

Beton és Vasbetonipari Müvek

Pécsi Gyára

Pécs, Bolgár Néphadsereg u. 10.
Telefon: Pécs 11-07
Telex: 1 - 2225

Mintaszám

99. A Beton és Vasbetonipari Müvek Pécsi Gyára ujdonságát, a többszinü müanyagháló betétes mozaiklapot mutatja be.

A müanyagháló anyaga PVC, a koptató rétegbe 1 cm mélyen van beágyazva és rögzitőkkel rendelkezik.

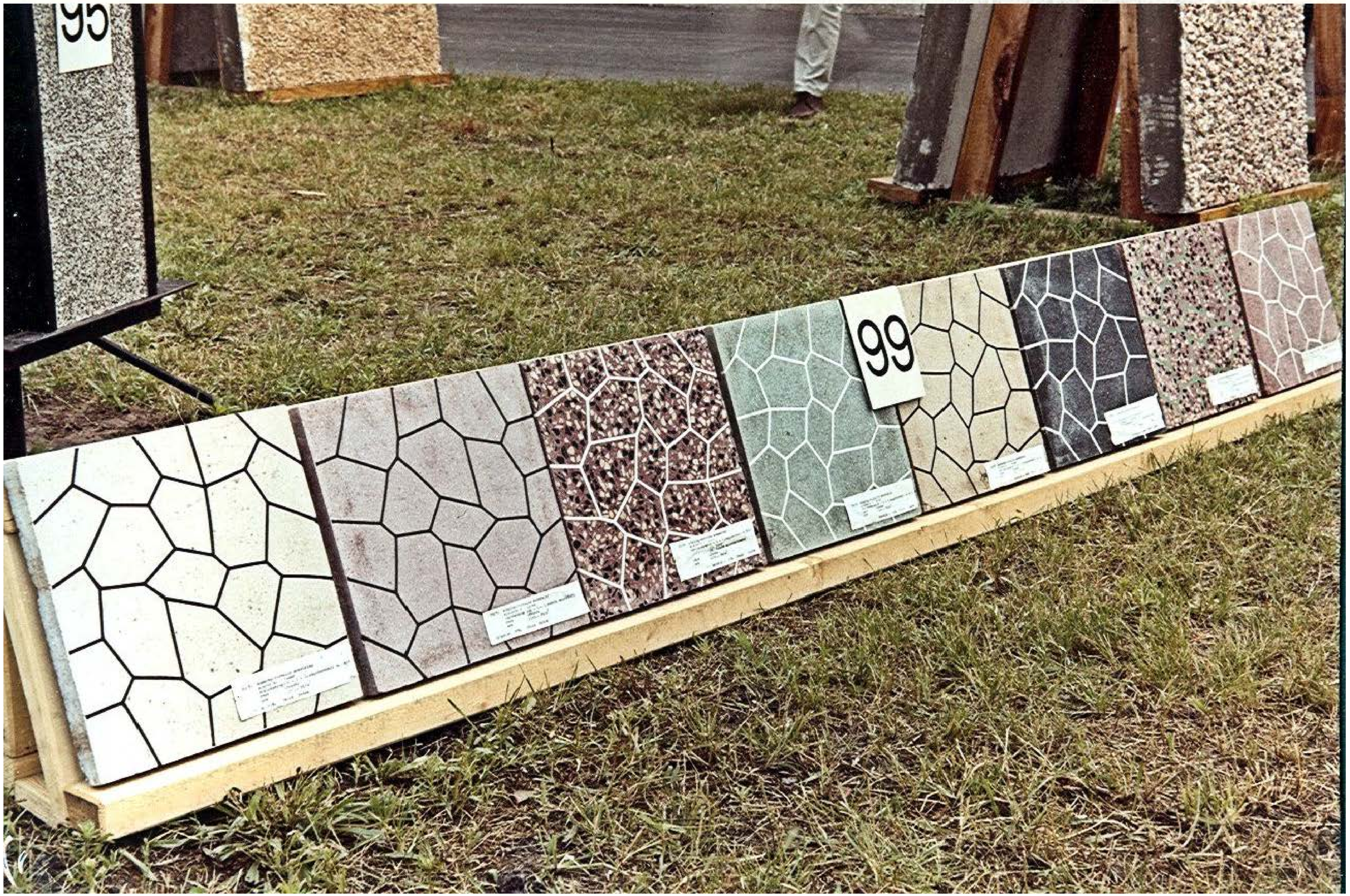
A müanyaghálós mozaiklap a hagyományos mozaiklapokkal azonos technológiával készül.

A szinigénytől függően a koptatóréteg adalékanyagául a siklósi Magyar-Bolgár Testvériség Mg. Tsz máriagyüdi fehér, a Kőfaragó és Épületszobrászipari Vállalat siklósi vörös, a Baranya megyei Épitőanyagipari Vállalat kantavári fekete méshköve szolgál, amelyek őrlését a Beton és Vasbetonipari Müvek Pécsi Gyárának Hirdi Üzeme végzi.

A 30x30 cm méretü müanyaghálós mozaiklapok ára az alábbi

szürke lap	142,- Ft/m2
szines lap	149,- Ft/m2
fekete lap	142,- Ft/m2
felár spriccelt lap esetén	4,- Ft/m2
felár fehér cement alkalmazása esetén	15,- Ft/m2.

99. A Beton és Vasbetonipari Müvek Pécsi Gyára ujdonságát, a többszinü müanyagháló betétes mozaiklapot mutatja be.



Kőfaragó és Épületszobrászipari Vállalat

Budapest, V., Báthory u. 12.
Telefon: 114-055
Telex: 0-719

Mintaszám

100. Terrazzó burkolólap szarvaskői diabáz zuzalékból

Az adalékanyagul szolgáló diabáz a Mátravidéki Kőbánya Vállalat szarvaskői bányájából származik. A kötőanyag C600 jelü homogén pc.

Kb. 60 kp/cm2 nyomáson hidraulikusan préselve, 3-3,5 cm vastagságban. 40x40 cm élhosszusággal készül, mattcsiszolt, vagy fényezett kivitelben.

Fagyálló burkolóanyag, nyomószilárdsága 250 kp/cm2, térfogatsulya 2400-2500 kg/m3.

Külső és belső padlóburkolatok készitésére mint fényezve, mint mattcsiszolt kivitelben alkalmas. Fényét külső térben is megtartja.
A diabáz adalékanyagu terrazzó lapok gyártása még csak kisérleti stádiumban van, irányára még nem alakult ki.

Terrazzó burkolólap szarvaskői diabáz zuzalékból
100.

100. Terrazzó burkolólap szarvaskői diabáz zuzalékból

Mintaszám

102. NOVA padlóburkolólapok

A NOVA padlóburkolólap természetes előfordulásu tört kőanyag, elsősorban mészkő és márvány felhasználásával készül. A szabálytalan alaku, 10-20 cm vegyes méretü kövek és kiegészitő kődarabok közötti cement, vagy poliésztergyanta kötőanyagu fugakiöntés szine általában sárga, barna, fekete vagy vörös.

A NOVA padlóburkolólap 3-3,5 x 40 x 40 cm méretben, mattcsiszolt, vagy fényezett kivitelben készül. A fényezett lapok külső térben fényüket elvesztik, ezért fényezve csak belső burkolatként ajánlható. A burkolat egyébként fagyálló.

A Kőfaragó és Épületszobrászipari Vállalat a kiállitáson a keménymészkővel készült és ennél drágább lapjait, a tardosi (Kőfaragó és Épületszobrászipari Vállalat), siklósi (Kőfaragó és Épületszobrászipari Vállalat), tornanádaskai (Edelényi Járási Tanács) mészkövek, és a rakacai márvány (Kőfaragó és Épületszobrászipari Vállalat) felhasználásával készült, cement és poliésztergyanta kötőanyagu NOVA padlóburkoló lapokat mutatja be.

Irányárak:

Cement kötőanyagu lap kemény mészkő felhasználásával	200,- Ft/m2
"tardosi vörös" felhasználásával	215,- Ft/m2
"siklósi zöld" felhasználásával	232,- Ft/m2
"siklósi sárga" felhasználásával	232,- Ft/m2
"siklósi rózsa" felhasználásával	232,- Ft/m2

Poliésztergyanta kötőanyagu lap

"tardosi vörös" felhasználásával	280,- Ft/m2
"siklósi zöld" felhasználásával	280,- Ft/m2
"siklósi sárga" felhasználásával	280,- Ft/m2
"siklósi rózsa" felhasználásával	280,- Ft/m2
rakacai szürke márvány felhasználásával	280,- Ft/m2
tarnanádaskai mészkő felhasználásával	280,- Ft/m2

102. NOVA padlóburkolólapok

A NOVA padlóburkolólap természetes előfordulásu tört kőanyag, elsősorban mészkő és márvány felhasználásával készül.

Mintaszám

103. Hőkezelt tufa

A vegyszerekkel felületkezelt, égetett tufalapok 3,5-4 cm vastagságban, tervezett lapméretekkel készülnek.

Fagyálló burkolóanyag, amely külső és belső falburkolatok készitésére alkalmas. Járófelületek céljára nem megfelelő.

A tufa vagy tufabeton felületét vegyszerekkel kezeljük, majd magas hőmérsékleten megolvasztjuk. A felület lehülése után a megolvadt réteg zománcszerüvé, üvegessé válik. Szine a felhasználásra kerülő tufa anyagától és a felületkezelő vegyszerektől függ.

A burkolóanyag az Épitéstudományi Intézet szolgálati találmánya.

Irányár: 300,- Ft/m2

103. Hőkezelt tufa

A vegyszerekkel felületkezelt, égetett tufalapok 3,5-4 cm vastagságban, tervezett lapméretekkel készülnek.

103. Hőkezelt tufa

A vegyszerekkel felületkezelt, égetett tufalapok 3,5-4 cm vastagságban, tervezett lapméretekkel készülnek.

Országos Szakipari Vállalat

Budapest, V., Báthory u. 12.
Telefon: 110-009
Telex: 0 - 456

Mintaszám

104-109 MARMOLIT burlolatok

Kötőanyaga akrilsavészter bázisu kevert polimerizátumu mügyanta diszperzió. Töltőanyaga 1-2,6 mm szemnagyságu kőőrlemény, esetleg gyöngykavics, kerámia, vagy üvegőrlemény. Ezenkivül vizet, mint higitószert, valamint egyéb tapadást és viszkozitást növelő adalékokat tartalmaz.

A viztisztán átlátszó műgyanta a töltőanyag természetes szinét juttatja érvényre és bizonyos fényt is kölcsönöz annak.

A burkolat betongőzölés után hordható fel a 4 suly%-nál kevesebb vizet tartalmazó panelre.

A MARMOLIT burkolat az Országos Szakipari Vállalat szolgálati találmá nya.

Irányár: 110,- Ft/m2, nagyüzemi módszerekkel felhordva panel felület-re.

A bemutatott minták zuzottkovét a budapesti Rozmaring Mg. TSz őrölte.

MARMOLIT burlolat Mintaszám: 109. Töltőanyag: Gyöngykavics

Leányvári fehér mészkő-
zuzalékkal szórt felüle-
tü panelépület a Budapest,
III., Szentendrei ut ele-
jén.
A 43. sz. Állami Épitőipa-
ri Vállalat 1. sz. Házgyá-
rának terméke.
Épült 1969 derekán.

Régen volt,

talán igaz sem volt...

Légbuboréktartalom, távolsági tényező

Németül:	Kugelporengehalt, Abstandsfaktor (AF)
Angolul:	Micropore content, Spacing factor
Franciául:	Contenu en micropore, Facteur de distance

Bevezetés

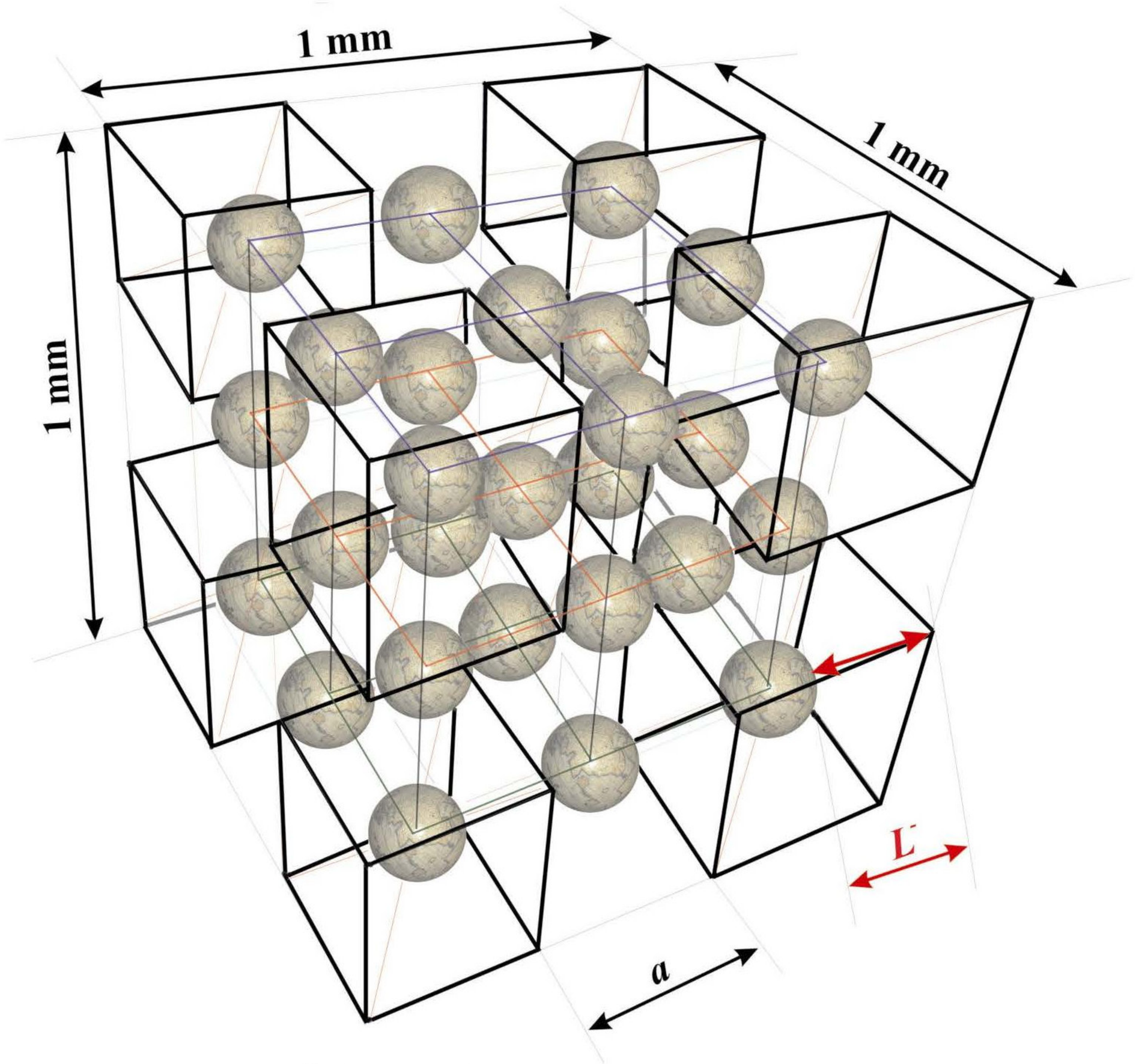
A beton tartósságának egyik feltétele a fagy- és olvasztósó-állóság ❖. A megszilárdult beton pórusaiban lévő víz téli hidegek alkalmával – számos tényezőtől befolyásolva – nagy valószínűséggel megfagy. A fagyáskor keletkező jég térfogata a vízénél mintegy 9 %-kal nagyobb, ezért a még meg nem fagyott víz (ilyen a cementkő gélpórusaiban -60 °C hőmérsékletig található) hidraulikus nyomás alá kerül, és megindul a víz áramlása az üres pórusokba, telítetlen üregekbe, lényegében a gélpórusok ❖ felől a kapilláris pórusok ❖ felé (diffúzió), ahol a jégtartalmat és annak nyomását tovább növeli (*Balázs*, 1997). Minden felmelegedés során a gélpórusrendszer tágul, visszaáll az eredetihez közeli nyomásállapot, a gélpórusokban a nyomás csökken, aminek hatására azok vizet vesznek fel azokból a kapillárisokból, amelyekben még van meg nem fagyott víz. Ez a folyamat minden lehülés-felmelegedés-lehülés alkalmával megismétlődik mindaddig, amíg a kapilláris pórusokban a *kritikus víztelítettség* létre nem jön, és ezért *Setzer* (2000) a jelenséget termodinamikai modelljében „mikro-jéglencse pumpálás"-nak nevezi. A jégképződés hatására a cementkőben olyan nagy nyomás alakulhat ki (-10 °C hőmérsékleten kb. 100 N/mm^2, -23 °C hőmérsékleten kb. 200 N/mm^2), amely a betont megrepeszti. (*Balázs*, 1997).

Kritikus víztelítettségnek a fagykárosodást okozó víztartalom határértékét nevezzük. Ez a beton korától (hidratáció foka, pórusstruktúra), a légpóruseloszlástól (beleértve a mesterségesen képzett légbuborékokat is), a környezeti feltételektől (vízelpárolgás mértéke és sebessége), a lehűlés sebességétől, a fagyási-olvadási ciklusok gyakoriságától, a ciklusok közötti száradás mértékétől, a pótlólagos duzzadási terek kialakulásától stb. függ (*Ujhelyi*, 2005).

Az utak téli *jégolvasztó-sózása* – amelynek hatása hasonlít a fagyhatáshoz – a beton károsodását tovább növeli. A betonban a sóoldat-koncentráció nem egyenletes, a különböző sótelítettségű rétegek fagyáspontja különböző. A sódúsabb, később megfagyó közbenső réteg jég és kapilláris nyomása lerepeszti a fölötte lévő, már fagyott, sószegényebb réteget (réteges felfagyás). (*Balázs*, 1997).

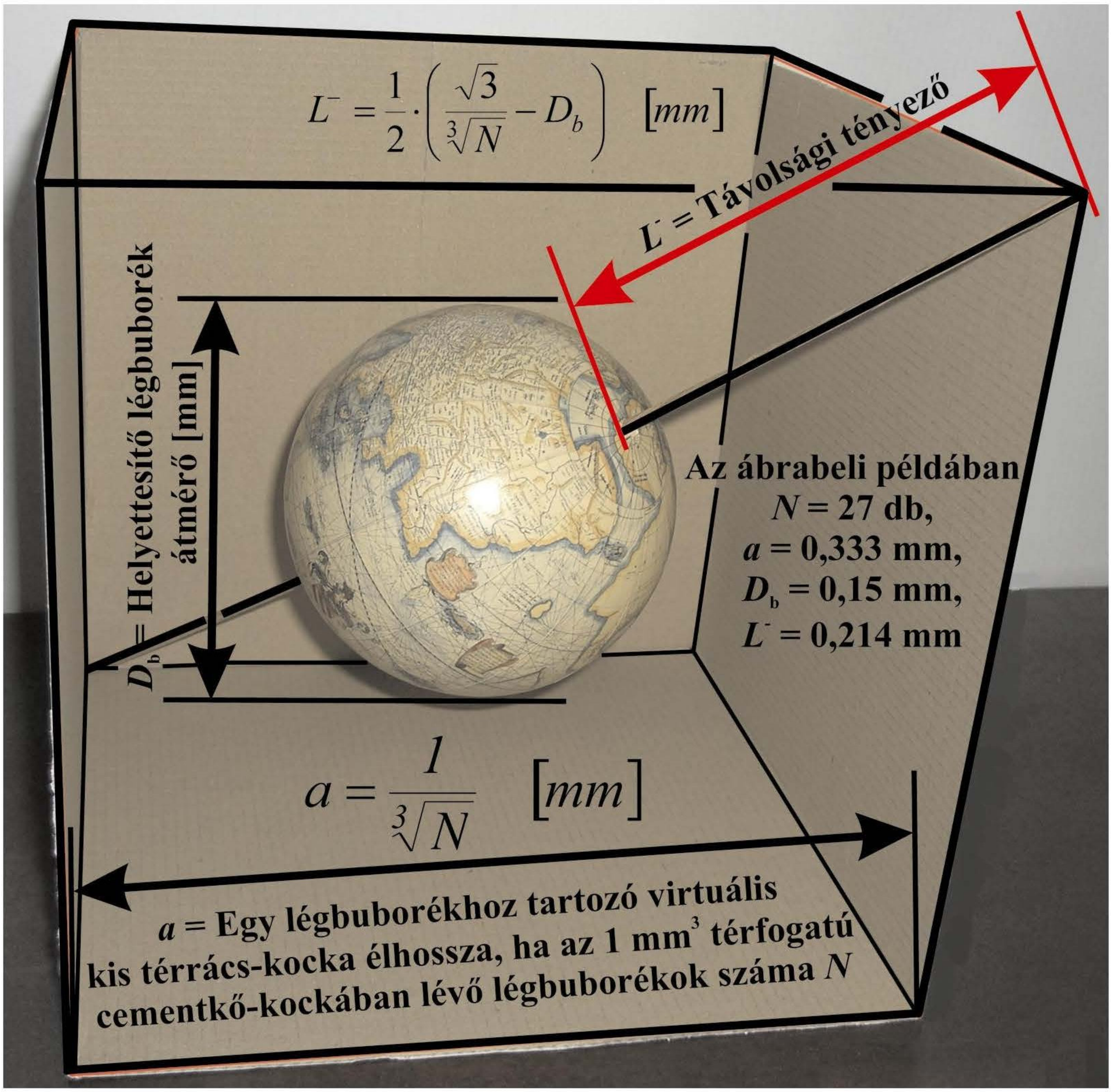
Az egyébként kritikus víztelítettségű betonban a fagy- és olvasztósó-kár csak akkor kerülhető el, ha légbuborékképző adalékszerrel (Betonadalékszerek 2. ❖) elegendő mennyiségű és kellően apró, vízzel ki nem töltődő pórust, ún. *légbuborékot* képezünk a betonban. A légbuborék kritikus víztelítettség mellett sem telik meg vízzel. A légbuborékképző adalékszerrel szándékosan bevitt levegő mennyiségét *bevitt* vagy *képzett* levegőtartalomnak, *légbuboréktartalomnak* nevezzük (MSZ 4798-1:2004), és feltételezzük, hogy nagysága általában kisebb, mint 0,75 mm. (Mennyiségének jele: A_{750} vagy német nyelvterületen: L750.) A közel gömb alakú légbuborékoknak – a fagy- és olvasztósó-állóság szempontjából – az a tartománya *hatékony*, amelynek átmérője 0,01 mm és 0,30 mm közé esik. Ezeknek a hatékony mikrolégbuboréknak a mennyiségét a betonban (jele: A_{300} vagy német nyelvterületen: L300, térfogat%-ban) és a *távolsági tényezővel* kifejezett eloszlását a cementkőben a megszilárdult betonból kimunkált felületen kell vizsgálni és meghatározni az MSZ EN 480-11:2006 szerint. Az MSZ EN 480-11:2006 szerinti sztereomikroszkópos

vizsgálat az ASTM C 457:1998 szabványon alapul. A légbuborék szerkezet vizsgálata egy olyan idealizált cementkő-modellt feltételez, amelyben egyforma méretű, gömb alakú légbuborékok egyenletes eloszlásban, köbös térrácsban helyezkednek el, és az idealizált légbuborék szerkezetnek ugyanakkora az összes térfogata és a térfogati fajlagos felülete, mint a tényleges hatékony légbuborék szerkezetnek (*1. ábra*). Ebben a cementkő-modellben a *távolsági tényező* (jele: $\bar{L}$, mm-ben; Megjegyzés: a $^{-}$ felülvonás általában az L betű fölé van nyomtatva, de ilyen betűvel nem rendelkezem, KT.) a cementkőben a *térrács átlója* mentén egymás mellett fekvő két légbuborék felülete közötti névleges távolság fele (*2. ábra*). Ez a leghosszabb távolság, amelyet a nyomás hatására a vízmolekulának meg kell tennie ahhoz, hogy egy buborékfelszínhez érjen.



Az 1 mm^3 térfogatú virtuális cementkő-kockában köbös térrács szerint elhelyezkedő, az ábrabeli példában a D_b= 0,15 mm névleges átmérőjű légbuborékok száma: N= 27 db, egy légbuborékhoz tartozó kis térrács-kocka élhossza: $a = N^{-1/3}$ = 0,333 mm, a távolsági tényező: $\bar{L}$= 0,214 mm

1. ábra: Idealizált cementkő-modell köbös térrácsban elhelyezkedő hatékony helyettesítő légbuborék szerkezettel



2. ábra: A hatékony helyettesítő légbuborék térfogateleme és a távolsági tényező az *1. ábra* szerinti példa alapján

Követelmények

A légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló, XF2 – XF4 környezeti osztályú ❖ *friss beton* ❖ összes levegőtartalmának ❖ előírt legkisebb értéke 4,0 térfogat%, megengedett legnagyobb értéke 8,0 térfogat% (MSZ 4798-1:2004). A felső korlátra azért van szükség, mert 1,0 térfogat% légpórustartalom növekedés 4-5 % beton nyomószilárdság csökkenést okoz.

Figyelemre méltó és követendő, hogy az osztrákok és a németek a légbuborékos friss beton összes levegőtartalmával szemben támasztott követelményeket ennél részletesebben adják meg. Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.4.3. és 5.5.5. szakaszában, valamint NAD 10. táblázatában a légbuborékos fagy- és olvasztósó-álló betonok összes levegőtartalmát a friss cementpépben és a friss betonban, ill. péptelített friss betont feltételezve az adalékanyag legnagyobb szemnagyságára vetítve írják elő. A német TL Beton-StB 07 útbeton műszaki szállítási feltétel a friss beton összes levegőtartalmának előírásakor szintén figyelembe veszi az adalékanyag legnagyobb szemnagyságát (*1. táblázat*).

1. táblázat: A légbuborékos friss beton levegőtartalmának követelménye az osztrák ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány és a német TL Beton-StB 07 útbeton műszaki szállítási feltétel szerint

Osztrák előírás		
Az osztrák ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.4.3. és 5.5.5. szakaszában, valamint NAD 10. táblázatában előírják a légbuborékos fagy- és olvasztósó-álló betonok összes levegőtartalmát a friss cementpépben és a friss betonban, ill. péptelített betont feltételezve az adalékanyag legnagyobb szemnagyságára (zárójelben az MSZ 4798-1:2004 szabványnak megfelelő D_{max} érték) vetítve a friss betonban, valamint a megszilárdult fagy- és olvasztósó-álló betonok hatékony légbuboréktartalmát és távolsági tényezőjét a következőképpen:		
Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Összes levegőtartalom a *friss cementpépben*, legalább, térfogat%	9,0	13,0
Összes levegőtartalom a *friss betonban*, legalább, térfogat%	2,5	4,0
Összes levegőtartalom a *friss betonban*, legfeljebb, térfogat%	2,5 + 4,0 = 6,5 *	4,0 + 4,0 = 8,0
Legnagyobb szemnagyság, mm	Összes levegőtartalom a *friss betonban*, térfogat%	
4	4,0 – 6,0	7,0 – 11,0
8 és 11 (12)	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
22 (24) és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
* Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.4.3. szakasza és NAD 10. táblázata szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban az összes levegőtartalom megengedett legnagyobb értéke 5,0 térfogat%, hacsak a kezdeti vizsgálat során meg nem győződtek arról, hogy a betonra vonatkozó valamennyi követelmény nagyobb levegőtartalom esetén is betartható.		
0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége a *szilárd betonban* (jele: A_{300} vagy L300), térfogat%	1,0 – 3,0 **	1,8 – 5,0
Távolsági tényező a *szilárd betonban* (jele: AF), legfeljebb, mm	–	0,18
** Az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 5.5.5. szakasza szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban a hatékony légbuborékok mennyisége akkor lehet 3,0 térfogat%-nál több, ha az 5,0 térfogat% feletti összes levegőtartalom ártalmatlanságát igazolták.		
Német előírás		
A német TL Beton-StB 07 útbeton műszaki szállítási feltétel 4.7. szakasza szerint a légbuborékos friss beton összes, átlagos levegőtartalma 8 mm legnagyobb szemnagyság esetén legalább 5,5 térfogat%, 16 mm legnagyobb szemnagyság esetén legalább 4,5 térfogat%, 22 mm, ill. 32 mm legnagyobb szemnagyság esetén legalább 4,0 térfogat% legyen. Az egyes mért értékeknek legfeljebb 0,5 térfogat%-kal szabad kisebbnek lenniük, mint az átlag követelményérték. Ha a képlékeny konzisztenciájú betont képlékenyítő vagy a kissé képlékeny konzisztenciájú betont folyósító adalékszerrel állítják elő, akkor a friss beton megkövetelt összes, átlagos levegőtartalma a fenti követelményértékeknél 1,0 térfogat%-kal nagyobb. Ha a kezdeti vizsgálat (lásd az MSZ EN 206-1:2002 szabvány 3.1.41. szakaszát, „A" mellékletét stb.) során a szilárd beton légbuboréktartalmát meghatározták, és hatékony légbuborékok mennyisége elérte az A_{300} = 1,8 térfogat%-ot (lásd az *1. táblázatot)*, a távolsági tényező pedig nem lépte túl az AF = 0,20 mm-t, akkor a friss beton összes levegőtartalmára a fenti követelmény érvényes. Egyébként a kezdeti vizsgálat szerint friss beton összes, átlagos levegőtartalmának legfeljebb 0,5 térfogat%-kal szabad a fenti követelményértékeknél nagyobbnak lennie. Folyós konzisztencia esetén a szilárd beton légbuboréktartalmát mindig meg kell határozni.		

Ha az érdekelt felek a bedolgozott friss betonon mért vagy számított levegőtartalom kimutatásával nem elégszenek meg, vagy megegyeznek a fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálat elhagyásában, vagy egyéb szempontok szólnak mellette, akkor a beton megfelelőségének igazolásához a *megszilárdult beton* próbatestből (vagy ritkán a kész szerkezetből vett magmintákból, ugyanis az értékeléshez ismerni kell a beton pontos összetételét is) kimunkált és megcsiszolt próbatesteken kell a *légbuborékok távolsági tényezőjét és mennyiségét* az MSZ EN 480-11:2006 szerinti sztereomikroszkópos vizsgálattal meghatározni. Ha a légbuborék-szerkezetet meghatározzák, akkor az XF2 és XF3 környezeti osztályban a fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálata elhagyható, az XF4 környezeti osztályban pedig ajánlott a fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálata mellett is meghatározni.

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint a megszilárdult betonban a légbuborékok távolsági tényezője legfeljebb 0,22 mm legyen. Az MSZ EN 934-2:2002 szabvány ennél szigorúbb, ugyanis azt a légbuborékképző adalékszert tekinti megfelelőnek, amely a szilárd betonba $\leq$ 0,20 mm távolsági tényezőt hoz létre. Az MSZ EN 934-2:2002 szabvány követelménye továbbá, hogy a légbuborékképzős friss beton összes levegőtartalma legalább 2,5 térfogat%-kal legyen nagyobb, mint a légbuborékképző nélküli beton levegőtartalma, és a friss beton összes levegőtartalma 4 – 6 térfogat% között legyen. A 28 napos korú, légbuborékképző adalékszerrel készült beton nyomószilárdságának el kell érnie a légbuborékképző adalékszer nélkül készített ellenőrző beton nyomószilárdságának 75 %-át. (Betonadalékszerek 2. ❖).

Az osztrák ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány NAD 10. táblázata az XF4 környezeti osztályban egyedüliként 0,18 mm-nél kisebb távolsági tényezőt (*AF*) ír elő. Megköveteli, hogy a 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége (L300) a *szilárd betonban* az XF2 és XF3 környezeti osztály esetén 1,0 – 3,0 térfogat%, az XF4 környezeti osztály esetén 1,8 – 5,0 térfogat% közé kell essék. Az osztrák szabvány 5.5.5. szakasza szerint az XF2 és XF3 környezeti osztályban a hatékony légbuborékok mennyisége akkor lehet 3,0 térfogat%-nál több, ha az 5,0 térfogat% feletti összes levegőtartalom ártalmatlanságát igazolták. E szabvány NAD 10. táblázata arról is intézkedik, hogy ha valamely előírás nem a 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű, hatékony légbuborékok (L300), hanem az összes légbuborék mennyiségét szabályozza, akkor a légbuborékokat 0,75 mm névleges átmérőig (L750) kell számításba venni.

Vizsgálat és az eredmények értékelése számpéldával

A megszilárdult beton hatékony légbuboréktartalmát és távolsági tényezőjét az MSZ EN 480-11:2006 szerint kell meghatározni.

A két darab kb. 100·150·40 mm méretű vizsgálati próbalemezt legkorábban a beton 7 napos korában szabad a víz alatt tárolt, ismert összetételű próbakockák közepéből kivágni. A számításokhoz a beton összetételéből meg kell határozni a cementkő térfogatarányát (jele: *P*). A vizsgálati felületet nedves, majd finom csiszolással kell előkészíteni a mikroszkópos vizsgálathoz. A leolvasások megkönnyítésére a légpórusokat meg lehet tölteni, pl. cinkpéppel. A próbalemezen három sávban, egymástól 6 mm távolságra, 3·4 mérővonalat kell felvenni, amelyek összes hossza legalább 1200 mm.

Az MSZ EN 480-11:2006 szabvány a légpóruseloszlás meghatározására a B.1. táblázatban számpéldát mutat be (*2. táblázat*). A következőkben – mondandók követhetősége érdekében – szögletes zárójelben hivatkozunk e szabvány B.1. táblázatának 18. sorában megadott számértékekre, kerekítés nélkül. (Az *1.* és *2. ábrán* szereplő adatok nem ehhez a számpéldához tartoznak.)

2. táblázat: Az MSZ EN 480-11:2006 szabvány a B.1. táblázata, amely számpéldát tartalmaz a betonban lévő légpórusok eloszlásának meghatározására (A táblázatra kattintva az kinagyítható.)

B.1 táblázat: Légbuborék-eloszlás számítása MSZ EN 480-11:2006

A táblázat a betonban lévő légpórusok eloszlásának számítását mutatja be.

Mérővonalak teljes hossza, T_{tot}	2400 mm

Oszlop	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	Osztály sor-száma	Osztályhatárok	Húrok száma az osztályban	Húrgyakoriság	Légbuborék metszet felületaránya	Húrok száma beton mm^3-enként	Légbuborékok száma az osztályban beton mm^3-enként	Egy légbuborék térfogata	Légbuborék tartalom osztályonként	Összes légbuborék tartalom
Számítási utasítás		[1]) $y - y'$	Mért C_i darabszám	3. oszlop adata osztva T_{tot} értékkel	[1]) Átmetszési valószínűség	4. oszlop adata osztva az 5. oszlop adatával	6. oszlop adatából kivonva a 6. oszlop következő adatát	[1]) Felső osztályhatár átmérőjű pórus	7. oszlop adata szorozva a 8. oszlop adatával és 100-zal	9. oszlop adatainak göngyölített értéke
Mértékegység		µm	db	db/mm^{-1}	~~1 mm^2~~	mm^{-3}	db/ mm^{-3}	mm^3	térfogat %	térfogat %
	1.	0 - 10	65	0,02708	0,0001178	229,90945	140,483	$5,24x10^{-7}$	0,007	0,01
	2.	15 - 20	58	0,02458 17	0,0002749	~~89,42646~~ 87,9288	~~9,372~~ 7,869	$4,19x10^{-6}$	0,003	0,01
	3.	25 - 30	83	0,03458	0,0004320	80,05401	6,483	$1,41 x10^{-5}$	0,009	0,02
	4.	35 - 40	104	0,04333	0,0005890	73,57102	24,427	$3,35x10^{-5}$	0,082	0,10
	5.	45 - 50	88	0,03667	0,0007461	49,14444	13,161	$6,54x10^{-5}$	0,086	0,19
	6.	55 - 60	78	0,03250	0,0009032	35,98317	11,108	$1,13x10^{-4}$	0,126	0,31
	7.	65 - 80	136	0,05667	0,0022780	24,87562	13,405	$2,68x10^{-4}$	0,359	0,67
	8.	85 - 100	80	0,03333	0,0029060	11,47052	3,925	$5,24x10^{-4}$	0,206	0,88
	9.	105 - 120	64	0,02667	0,0035340	7,54575	2,341	$9,05x10^{-4}$	0,212	1,09
	10.	125 - 140	52	0,02167	0,0041630	5,20458	2,682	$1,44x10^{-3}$	0,386	1,48
	11.	145 - 160	29	0,01208	0,0047910	2,52209	0,600	$2,14x10^{-3}$	0,128	1,61
	12.	165 - 180	25	0,01042	0,0054190	1,92225	0,613	$3,05x10^{-3}$	0,187	1,79
	13.	185 - 200	19	0,00792	0,0060476	1,30906	0,623	$4,19x10^{-3}$	0,261	2,05
	14.	205 - 220	11	0,00458	0,0066760	0,68654	0,230	$5,58x10^{-3}$	0,128	2,18
	15.	225 - 240	8	0,00333	0,0073040	0,45637	0,036	$7,24x10^{-3}$	0,026	2,21
	16.	245 - 260	8	0,00333	0,0079330	0,42019	0,079	$9,20x10^{-3}$	0,073	2,28
	17.	265 - 280	7	0,00292	0,0085610	0,34069	0,114	$1,15x10^{-2}$	0,131	2,41
	18.	285 - 300	5	0,00208	0,0091890	0,22672	0,032	$1,41 x10^{-2}$	0,046	2,46 [2])
	19.	305 - 350	12	0,00500	0,0257200	0,19440	0,054	$2,24x10^{-2}$	0,121	2,58
	20.	355 - 400	10	0,00417	0,0296500	0,14053	0,016	$3,35x10^{-2}$	0,055	2,63
	21.	405 - 450	10	0,00417	0,0335800	0,12408	0,035	$4,77x10^{-2}$	0,168	2,80
	22.	455 - 500	8	0,00333	0,0375000	0,08889	0,072	$6,54x10^{-2}$	0,471	3,27
	23.	505 - 1000	24	0,01000	0,5910000	0,01692	0,014	$5,24x10^{-1}$	0,753	4,03
	24.	1005 - 1500	6	0,00250	0,9837000	0,00254	0,0010	1,77	0,182	4,21
	25.	1505 - 2000	5	0,00208	1,3760000	0,00151	0,0008	4,19	0,338	4,55
	26.	2005 - 2500	3	0,00125	1,7690000	0,00071	0,0005	8,18	0,420	4,97
	27.	2505 - 3000	1	0,00042	2,1620000	0,00019	0,0002	$1,41x10^{+1}$	0,272	5,24
	28.	3005 - 4000	0	0,00000	5,5020000	0,00000	0,0000	$3,35x10^{+1}$	0,000	5,24

[1]) Az 1., 2., 5., és 8. oszlop értékei minden vizsgálat esetén azonosak.

[2]) A 10. oszlopban bekeretezett adat az A_{300} értéknek felel meg.

A mérés során feltételezzük, hogy a pórusok gömb alakúak. Az integráló mérőasztallal ellátott, (100±10)-szeres nagyítású sztereomikroszkóppal a mérővonallal átmetszett minden 0-4 mm közötti húrhosszúságú pórust számításba kell venni, kivéve, ha az egyértelműen repedés. (A hosszabb húrokat kihagyva jobb eredmény adódik.) A sztereomikroszkóp segítségével le kell mérni a légpórusok egyenkénti és összes húrhosszát (T_a), valamint a szilárd részek összes hosszát (T_s) amely két utóbbi összege a mérővonalak teljes hosszát (T_{tot}) adja. A két vizsgálati felületen mért húrhosszakat 28 húrhosszúsági osztályba kell sorolni [2. oszlop: 0,285-0,300 mm], és osztályonként meg kell adni a két vizsgálati felületen metszett légpórus-húrok darabszámát (jele: C_i) [3. oszlop: 5 db], majd az osztályonkénti darabszámot el kell osztani a két vizsgálati felület mérővonalai hosszának összegével (pl. 2400 mm-rel) [4. oszlop: 0,0020833]. Az eredmény a húroknak darabszám szerinti – a mérővonal hosszra vonatkoztatott – gyakorisága, más szóval a húrok fajlagos darabszáma osztályonként, a mértékegység: mm^{-1}.

Nem minden pórust metszenek át a mérővonalak, ezért a légpóruseloszlás meghatározásához valószínűségi meggondolást kell tenni. Annak valószínűsége, hogy a mérővonal valamely húr hosszúsági osztály határértéknél kisebb húrhosszúságú légpórust átmetsz, egyenlő az osztály határérték átmérőjű kör területének és az 1 mm^3 betontérfogat keresztmetszetének (1 mm^2) hányadosával. Ebből következik, miszerint 1 mm^3 betontérfogat keresztmetszetére vonatkoztatva, annak a valószínűsége, hogy a mérővonal valamely húrhosszúsági osztály határértékei közé eső (tehát a húr hosszúsági osztályba tartozó) húrhosszúságú légpórust átmetsz, egyenlő az osztály felső határértékének megfelelő átmérőjű kör területének és az osztály alsó határértékének megfelelő átmérőjű kör területének különbségével [5. oszlop: 0,0091890]. Ez az átmetszési valószínűség nevezetlen szám, és a

B.1 táblázat: Légbuborék-eloszlás számítása MSZ EN 480-11:2006

A táblázat a betonban lévő légpórusok eloszlásának gyakoriságát mutatja be.

Mérővonalak teljes hossza, T_{tot}	2400 mm

Oszlop	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	Osztály sor-száma	Osztályhatárok	Húrok száma az osztályban	Húrgyakoriság	Légbuborék metszet felületaránya	Húrok száma beton mm^3-enként	Légbuborékok száma az osztályban beton mm^3-enként	Egy légbuborék térfogata	Légbuborék tartalom osztályonként	Összes légbuborék tartalom
Számítási utasítás		[1] $y - y'$	Mért C_i darabszám	3. oszlop adata osztva T_{tot} értékkel	[1] Átmetszési valószínűség	4. oszlop adata osztva az 5. oszlop adatával	6. oszlop adatából kivonva a 6. oszlop következő adatát	[1] Falra merőleges határátmérőjű pórus	7. oszlop adata szorozva a 8. oszlop adatával és 100-zal	9. oszlop adatainak göngyölített értéke
Mértékegység		µm	db	db/mm^{-1}	~~1/mm^2~~	mm^{-3}	db/ mm^{-3}	mm^3	térfogat %	térfogat %
	1.	0 - 10	65	0,02708	0,0001178	229,90945	140,483	$5,24x10^{-7}$	0,007	0,01
	2.	15 - 20	58	0,02438 17	0,0002749	~~89,42646~~ 87,9288	~~9,372~~ 7,869	$4,19x10^{-6}$	0,004 3	0,01
	3.	25 - 30	83	0,03458	0,0004320	80,05401	6,483	$1,41 x10^{-5}$	0,009	0,02
	4.	35 - 40	104	0,04333	0,0005890	73,57102	24,427	$3,35x10^{-5}$	0,082	0,10
	5.	45 - 50	88	0,03667	0,0007461	49,14444	13,161	$6,54x10^{-5}$	0,086	0,19
	6.	55 - 60	78	0,03250	0,0009032	35,98317	11,108	$1,13x10^{-4}$	0,126	0,31
	7.	65 - 80	136	0,05667	0,0022780	24,87562	13,405	$2,68x10^{-4}$	0,359	0,67
	8.	85 - 100	80	0,03333	0,0029060	11,47052	3,925	$5,24x10^{-4}$	0,206	0,88
	9.	105 - 120	64	0,02667	0,0035340	7,54575	2,341	$9,05x10^{-4}$	0,212	1,09
	10.	125 - 140	52	0,02167	0,0041630	5,20458	2,682	$1,44x10^{-3}$	0,386	1,48
	11.	145 - 160	29	0,01208	0,0047910	2,52209	0,600	$2,14x10^{-3}$	0,128	1,61
	12.	165 - 180	25	0,01042	0,0054190	1,92225	0,613	$3,05x10^{-3}$	0,187	1,79
	13.	185 - 200	19	0,00792	0,0060476	1,30906	0,623	$4,19x10^{-3}$	0,261	2,05
	14.	205 - 220	11	0,00458	0,0066760	0,68654	0,230	$5,58x10^{-3}$	0,128	2,18
	15.	225 - 240	8	0,00333	0,0073040	0,45637	0,036	$7,24x10^{-3}$	0,026	2,21
	16.	245 - 260	8	0,00333	0,0079330	0,42019	0,079	$9,20x10^{-3}$	0,073	2,28
	17.	265 - 280	7	0,00292	0,0085610	0,34069	0,114	$1,15x10^{-2}$	0,131	2,41
	18.	285 - 300	5	0,00208	0,0091890	0,22672	0,032	$1,41 x10^{-2}$	0,046	2,46 [2]
	19.	305 - 350	12	0,00500	0,0257200	0,19440	0,054	$2,24x10^{-2}$	0,121	2,58
	20.	355 - 400	10	0,00417	0,0296500	0,14053	0,016	$3,35x10^{-2}$	0,055	2,63
	21.	405 - 450	10	0,00417	0,0335800	0,12408	0,035	$4,77x10^{-2}$	0,168	2,80
	22.	455 - 500	8	0,00333	0,0375000	0,08889	0,072	$6,54x10^{-2}$	0,471	3,27
	23.	505 - 1000	24	0,01000	0,5910000	0,01692	0,014	$5,24x10^{-1}$	0,753	4,03
	24.	1005 - 1500	6	0,00250	0,9837000	0,00254	0,0010	1,77	0,182	4,21
	25.	1505 - 2000	5	0,00208	1,3760000	0,00151	0,0008	4,19	0,338	4,55
	26.	2005 - 2500	3	0,00125	1,7690000	0,00071	0,0005	8,18	0,420	4,97
	27.	2505 - 3000	1	0,00042	2,1620000	0,00019	0,0002	$1,41x10^{+1}$	0,272	5,24
	28.	3005 - 4000	0	0,00000	5,5020000	0,00000	0,0000	$3,35x10^{+1}$	0,000	5,24

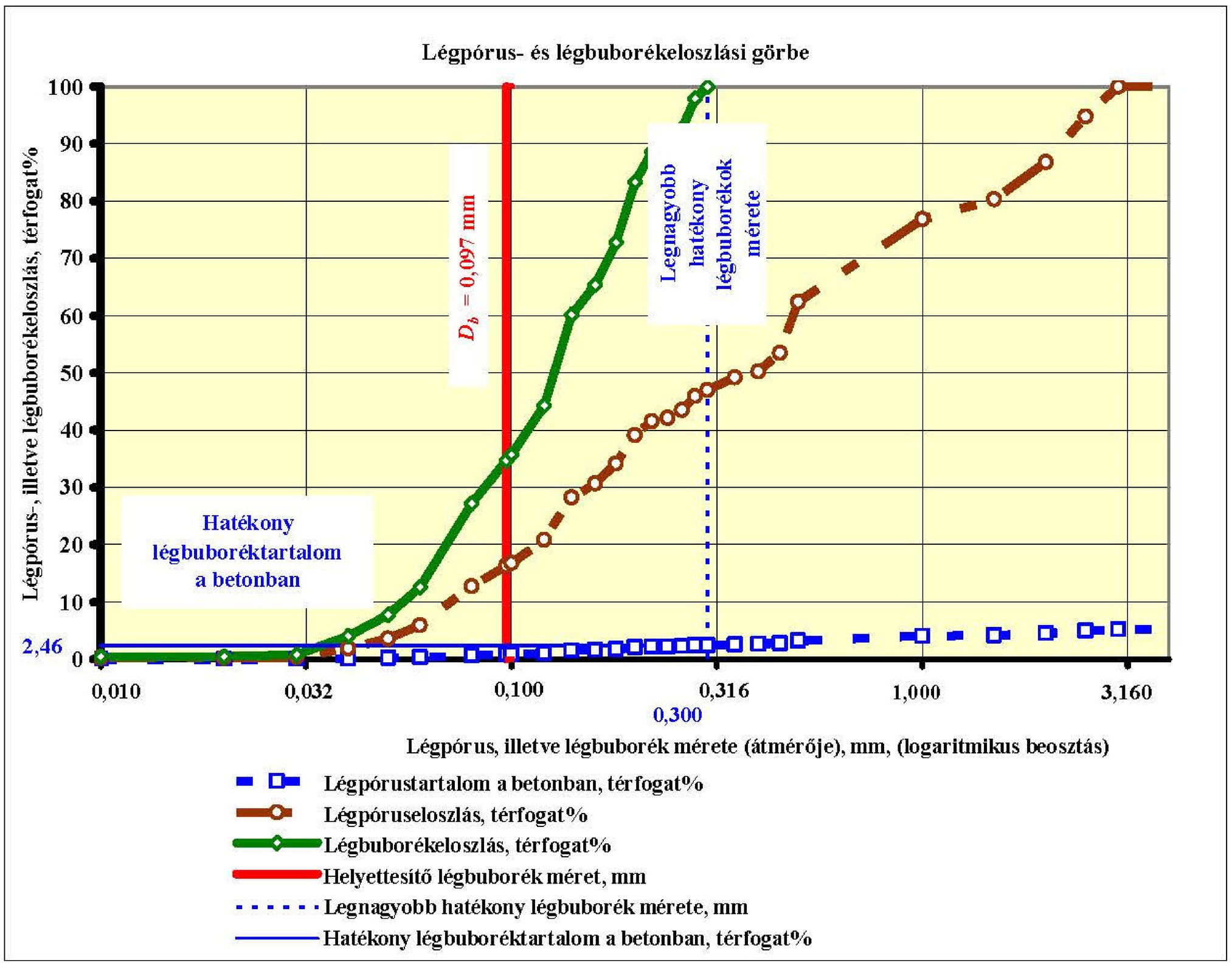
[1]) Az 1., 2., 5., és 8. oszlop értékei minden vizsgálat esetén azonosak.

[2]) A 10. oszlopban bekeretezett adat az A_{300} értéknek felel meg.

húrhosszúsági osztályhoz tartozó állandó. Ha a húrok fajlagos darabszámát [4. oszlop: 0,0020833] elosztjuk az átmetszési valószínűséggel [5. oszlop: 0,0091891], akkor az adott osztályhatárok közé eső húrhosszúságú pórusok 1 m^3 térfogatú betonban lévő darabszámát kapjuk meg, függetlenül attól, hogy azokat a metszővonalak metszették-e vagy sem [6. oszlop: 0,22671 db/mm^3]. A mérővonallal átmetszett húr a pórusnak nem feltétlenül az átmérője, hanem lehet a húrhossznál nagyobb átmérőjű pórus húrja. Így a példabeli 18. húrhosszúsági osztály a 0,285 mm-nél nagyobb átmérőjű összes pórus darabszámát [6. oszlop: 0,22671 db/mm^3], a 19. húrhosszúsági osztály a 0,305 mm-nél nagyobb átmérőjű összes pórus darabszámát [6. oszlop: 0,19440 db/mm^3] tartalmazza, a kettő különbsége a 0,285 – 0,305 mm közé eső átmérőjű pórus darabszámát adja meg [7. oszlop: 0,032 db/mm^3]. Állandóként kell kiszámítani a húrhosszúsági osztály felső határértékével azonos nagyságú gömb térfogatát [8. oszlop: $1{,}41271 \cdot 10^{-2}$ mm^3/db]. A húrhosszúsági osztályba eső átmérőjű, 1 mm^3 betonban lévő pórusok darabszámát [7. oszlop: 0,032 db/mm^3] megszorozva egy pórus térfogatával [8. oszlop: $1{,}41371 \cdot 10^{-2}$ mm^3/db], a húrhosszúsági osztályba tartozó, 1 mm^3 betonban lévő összes pórus térfogatát kapjuk meg [$4{,}523 \cdot 10^{-4}$ mm^3/mm^3], amelyet térfogat%-ban fejezünk ki [9. oszlop: 0,045 térfogat%]. A húrhosszúsági osztály felső határértékénél kisebb átmérőjű összes légpórus mennyiségét a betonban, azaz a légpóruseloszlás értékét, e felső és ennél kisebb határértékű húrhosszúsági osztályba tartozó, 1 mm^3 betonban lévő összes pórus térfogatszázalékának összegeként kapjuk meg [10. oszlop: 2,46 térfogat%]. Minthogy a szabványos meghatározás szerint hatékonynak azokat a légbuborékokat tekintjük (az alsó határértéktől elvonatkoztatva), amelyek átmérője 0,3 mm-nél kisebb, ezek mennyisége a betonban az MSZ EN 480-11:2006 szabvány B.1. táblázatának példája szerint A_{300} = 2,46 térfogat%.

Az MSZ 480-11:2006 szabvány B.1. táblázatának példája szerinti beton légpórustartalmát [10. oszlop értékei] a *3. ábrában* rajzoltuk meg. A légpóruseloszlás görbéjét a légpórustartalom görbe renormálásával kaptuk. Ennek a 0,3 mm alatti részét 100 térfogat%-nak tekintve állítottuk elő a légbuborékeloszlás görbéjét.

A légbuborékeloszlás görbéjét reciprok beosztású abszcissza-tengely felett megrajzolva (*4. ábra)* és a görbe alatti területet (T = 10,273 mm^2/mm^3) grafoanalitikusan meghatározva (*Kausay,* 2004), majd véve ennek hatszorosát, kiszámítottuk a légbuborékok térfogati fajlagos felületét (f_v = 61,639 mm^2/mm^3) (Szemmegoszlási jellemzők ❖). Alkalmazva a $D_b = 6/f_v$ összefüggést, megkaptuk annak a hatékony „egyszemcsés” helyettesítő légbuboréknak a méretét (D_b = 0,097 mm), amelynek ugyanakkora térfogati fajlagos felülete van, mint a példabeli légbuborékeloszlásnak (*4. ábra*). Egy helyettesítő légbuborék térfogata: $V_b = 4{,}778 \cdot 10^{-4}$ mm^3. A helyettesítő légbuborék D_b méretét a *3. ábrán* is feltüntettük.



3. ábra: Az MSZ 480-11:2006 szabvány B.1. táblázata szerinti példa légpórus- és légbuborékeloszlása

Az $\bar{L}$ távolsági tényező meghatározásához elő kell állítani az idealizált cementkő-modellt. Tételezzük fel, hogy a példabeli beton friss korában, bedolgozott állapotban ténylegesen 1800 kg/m^3 adalékanyagot tartalmazott és az adalékanyag testsűrűsége 2,64 kg/dm^3 volt. Ebből az összetételből adódik, hogy a vizsgált beton 1000 litere friss korában V_a = 1800/2,64 = 681,8 liter térfogatú adalékanyagot tartalmazott. Eszerint a vizsgált beton cementkőtartalma:

$$P = \frac{1000 - V_a}{1000} = \frac{1000 - 681{,}8}{1000} = 0{,}3182 \quad m^3 / m^3$$

A vizsgálat eredményeként fenn azt kaptuk, hogy a beton hatékony légbuboréktartalma: A_{300} = 2,46 térfogat%. Tekintve, hogy a légbuborékok a cementkőben találhatók, a cementkő hatékony légbuboréktartalma:

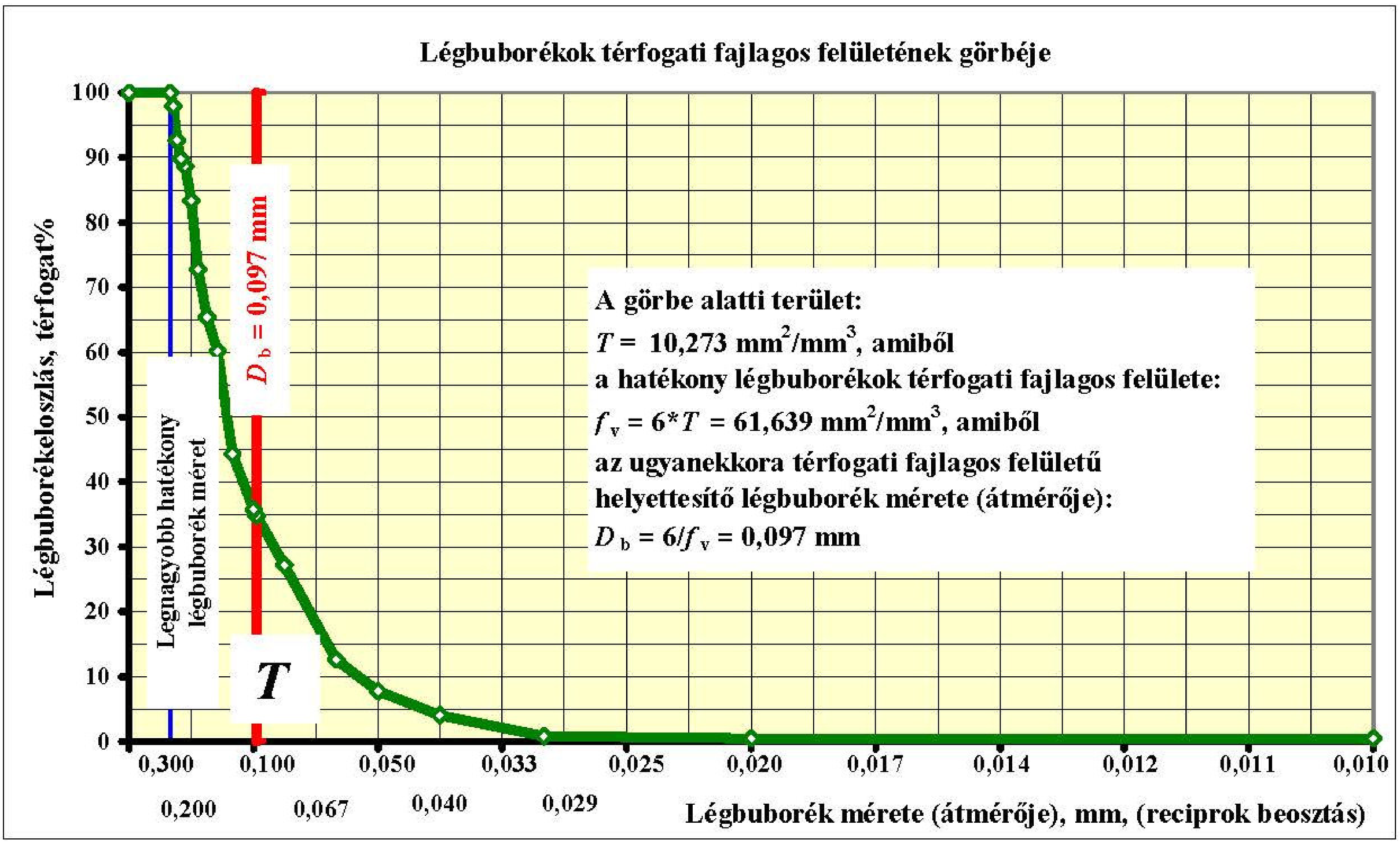
$$L_{CK}{}^{\%} = \frac{A_{300}}{P} = \frac{2{,}46}{0{,}3182} = 7{,}73 \quad térfogat\ \%$$

Ha a példában egy helyettesítő légbuborék térfogata (mint fenn láttuk): $V_b = 4{,}778 \cdot 10^{-4}$ mm^3, akkor az 1 mm^3 térfogatú cementkőben lévő összesen $L_{CK} = L_{CK}{}^{\%}/100 = 7{,}73 \cdot 10^{-2}$ mm^3 térfogatú hatékony légbuborék mennyiséget

$$N = \frac{L_{CK}}{V_b} = \frac{7{,}73}{4{,}778} \cdot 10^2 = 161{,}76 \quad darab$$

légbuborék képezi. Fentiek szerint a távolsági tényező értéke az $N^{-1/3}$ [mm] élhosszúságú elemi cementkő kocka átlója és a helyettesítő hatékony légbuborék D_b átmérője különbségének a fele. Ha az 1 mm^3 térfogatú elemi cementkő kockában N = 161,76 db, D_b = 0,097 mm átmérőjű helyettesítő hatékony légbuborék van, akkor a példabeli távolsági tényező értéke:

$$L^{-} = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\sqrt{3}}{\sqrt[3]{N}} - D_b\right) = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\sqrt{3}}{\sqrt[3]{161{,}76}} - 0{,}097\right) = 0{,}110 \quad mm$$



4. ábra: Az MSZ 480-11:2006 szabvány B.1. táblázata szerinti példa légbuborékainak térfogati fajlagos felületi görbéje

A légbuborék szerkezet vizsgálatával *Erdélyi* (1997), a vizsgálathoz szükséges csiszolat elkészítésével *Zimonyi* (1997) foglalkozott részletesen. A hagyományos módon végrehajtott, fáradtságos és időigényes vizsgálatot és a vizsgálati eredmények értékelését napjainkban már számítógéppel és videokamerával társított sztereomikroszkópos, automata műszerrel (AAVA, automated air void analyzer) fél órán belül el lehet végezni (*Pade* et al., 2002), (*5. ábra*)

5. ábra: „RapidAir 457" típusú automata műszer a légbuborék szerkezet vizsgálatára.
Forrás: www.concrete-experts.com/pages/air_void.htm

Felhasznált irodalom

Balázs György: A beton károsodásának okai fagy és légköri szennyeződések hatására. Fejezet a „Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Általános diagnosztikai vizsgálatok" című könyvben (szerk. Balázs György és Tóth Ernő), Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.

Erdélyi Attila – Zimonyi Gyula: A megszilárdult beton légbuborék-szerkezetének vizsgálata. Fejezet a „Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Általános diagnosztikai vizsgálatok" című könyvben (szerk. Balázs Gy. és Tóth E.), pp. 164-179., Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.

Kausay Tibor: Beton adalékanyagok szemmegoszlási jellemzőinek számítása grafoanalitikus módon. Vasbetonépítés, VI. évfolyam, 2004. 1. szám, pp. 3-11.

Pade, C. – Jakobsen, U. H. – Elsen, J.: A New Automatic Analysis System for Analyzing the Air Void System in Hardened Concrete, Proceedings of the International Cement Microscopy Association, pp. 204-213., ed. Jany, L, and Nisperos, A., San Diego, 2002.

Setzer, M. J.: Die Mikroeislinsenpumpe – Eine neue Sicht bei Frostangriff und Frostprüfung. Fejezet a 14. Ibausil Konferencia kiadványában, 1. kötet., Weimar, 2000.

Ujhelyi János: Beton-ismeretek, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2005.

MSZ 4798-1:2004 Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon

MSZ EN 480-11:2006 Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgálati módszerek. 11. rész: A megszilárdult beton légbuborék-jellemzőinek meghatározása

MSZ EN 934-2:2002 Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 2. rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés. Módosítva: A1:2005 és A1:2006

ASTM C 457:1998 Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete

ÖNORM B 4710-1:2007 Beton – Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. Az ÖNORM EN 206-1 európai szabvány osztrák nemzeti alkalmazási dokumentuma

Jelmagyarázat: ❖ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

A cikk eredeti változata megjelent a	BETON szakmai havilap	2008. november havi számának 8-9. oldalán és 2008. december havi számának 16-18. oldalán

Eszmefuttatás a megszilárdult szerkezeti betonból kifúrt próbahengerek nagy tapasztalati szórásának a nyomószilárdsági osztályra gyakorolt hatásáról, ha a próbahengerek *n*=3 száma nem növelhető.

Tételezzük fel, hogy egy régi építmény jellemezni kívánt vasbeton keresztmetszetéből, meg nem ismételhető mintavétellel nyert fúrásmagok, Ø150*300 mm méretű próbahengerekre vonatkoztatott nyomószilárdságának mért értékei, átlaga, az MSZ 4720/2-80 szabvány szerint, az ismeretlen szórás elve alapján számított szórása (3.5.7. fejezet), módosított jellemző értéke (4.5.3. fejezet), és az MSZ 4719-82 szabvány szerinti nyomószilárdsági osztálya a következő:

Próbahenger jele	Nyomószilárdság, N/mm²				Nyomószilárdági osztály
	Egyes	Átlag	Szórás	Mód. jell érték	
1	36,12				
2	21,56	27,92	8,62	7,65	C 6
3	26,09				

A szórás nagy tapasztalati szórásnak minősül, mert értéke nagyobb, mint 6 N/mm² (MSZ 4720/2-80 szabvány 3.5.6. fejezet). A nagy tapasztalati szórás okozójának tekinthetjük az 1. jelű próbahenger nagy nyomószilárdságát. Vizsgáljuk meg, hogy az 1. jelű próbahenger nyomószilárdságának csökkenése, a többi érték változatlansága mellett, milyen hatással lenne a mintacsoport átlagára, szórására, módosított jellemző értékére, nyomószilárdsági osztályára:

1. jelű próbahenger feltételezett nyomószilárdsága, N/mm²	36,12	35	34	33	32	31
Átlag, N/mm²	27,92	27,55	27,22	26,88	26,55	26,22
Szórás, N/mm²	8,62	7,95	7,36	6,77	6,18	5,59
Módosított jellemző érték, N/mm²	7,65	9,18	10,54	11,88	13,21	14,54
Nyomószilárdsági osztály	C 6	C 8	C 10	C 10	C 12	C 12

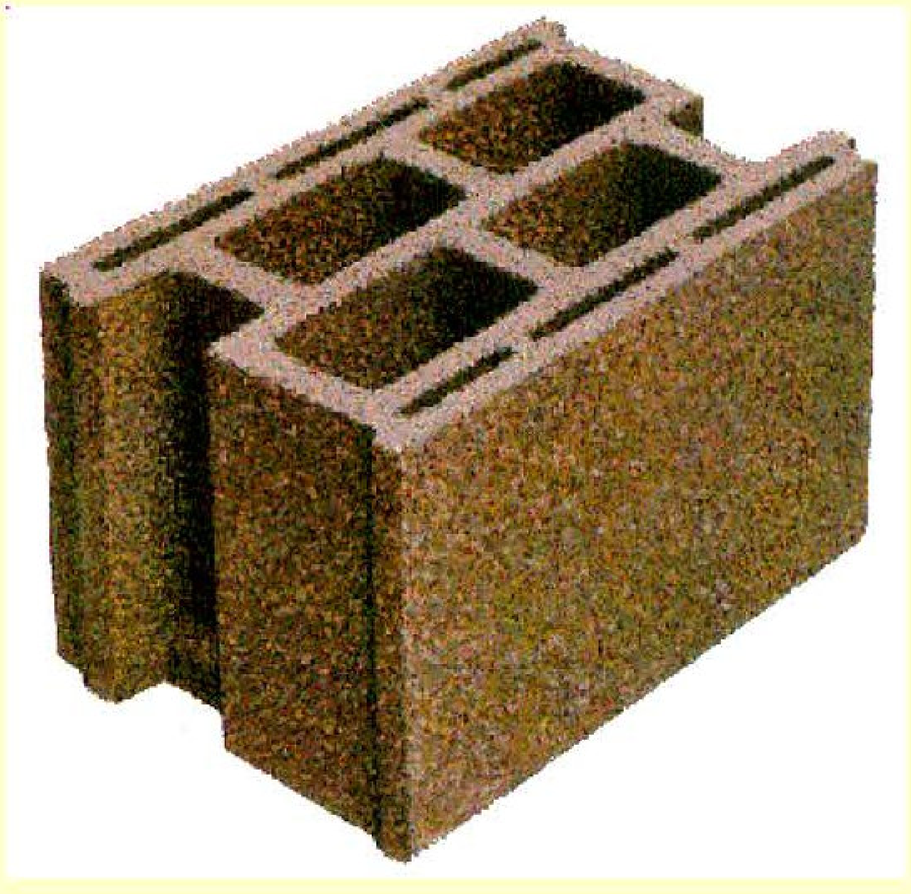
1. jelű próbahenger feltételezett nyomószilárdsága, N/mm²	30	29	28	27	26	25
Átlag, N/mm²	25,88	25,55	25,22	24,88	24,55	24,22
Szórás, N/mm²	4,99	4,40	3,81	3,22	2,68	2,68
Módosított jellemző érték, N/mm²	15,85	17,16	18,45	19,73	20,86	20,50
Nyomószilárdsági osztály	C 12	C 16	C 16	C 16	C 20	C 20

1. jelű próbahenger feltételezett nyomószilárdsága, N/mm²	24	23	22	21	20	19
Átlag, N/mm²	23,88	23,55	23,22	22,88	22,55	22,22
Szórás, N/mm²	2,68	2,68	2,68	3,01	3,60	4,20
Módosított jellemző érték, N/mm²	20,14	19,78	19,43	18,17	16,22	14,29
Nyomószilárdsági osztály	C 20	C 16	C 16	C 16	C 16	C 12

Az 1. jelű próbahenger feltételezett nyomószilárdságának csökkenésével az átlag csökken, a szórás eleinte csökken, majd növekszik, a módosított jellemző érték és a nyomószilárdsági osztály eleinte növekszik, majd csökken.

A módosított jellemző értéknek ott van maximuma (20,86 N/mm²), ahol az 1. jelű próbahenger feltételezett nyomószilárdsága a 3. jelű próbahenger nyomószilárdságával megegyezik, de értéke a kiindulási módosított jellemző értéknél (7,65 N/mm²) még akkor is sokkal nagyobb (18,17 N/mm²), amikor az 1. jelű próbahenger feltételezett nyomószilárdsága már csak a 2. jelű próbahenger nyomószilárdságának környezetébe esik.

Mindez csak eszmefuttatás, mert a nagy tapasztalati szórású nyomószilárdság mérés értékeléséhez szükséges feltételeket (MSZ 4720/2-80 szabvány 3.5.6. fejezet) példánk elsősorban a próbahengerek csekély száma miatt nem elégíti ki. Mégis tanulságos, mert szemlélteti, hogy a gyakorlatban bizony olykor előforduló nagy tapasztalati szórás esetére, egyéb feltételek teljesülése mellett, az MSZ 4720/2-80 szabvány miért enged meg illetve ír elő külön eljárást, amelynek alkalmazásával bátrabban kellene élnünk.



Adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton

Haufwerksporiger Leichtbeton

Lightweight aggregate (LWA) concrete (LAC) with open structure

Béton de granulats légers á structure ouverte

Az adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton ismert építőanyag, legfeljebb fogalom meghatározása szorulhat magyarázatra. Ennek a tárgykörrel foglalkozó európai szabványok honosítása ad időszerűséget, ugyanis ezen európai szabványok fenti német, angol, francia kifejezései kerültek "adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton"-ként fordításra az

- MSZ EN 991:1998 Autoklávolt pórusbetonból vagy adalékanyagos nagyhézagtérfogatú könnyűbetonból készült előregyártott, vasalt építőelemek méretének meghatározása;
- MSZ EN 992:1998 Adalékanyagos nagyhézagtérfogatú könnyűbeton testsűrűségének meghatározása kiszárított állapotú próbatesten;
- MSZ EN 1354:1998 Adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton nyomószilárdságának meghatározása

című honosított szabványokban.

Az idegen nyelvű kifejezés tartalmát illetően a magyarra való fordítás előtt tájékozódtunk, és 1998. júniusában hasznos információkat kaptunk a Német Szabványügyi Intézettől *(Normenausschuß Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.)* és az ugyancsak német Építmény Fenntartási Intézettől *(Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e. V. an der TU Berlin).*

Ezek alapján adhatjuk közre, hogy a prEN 1520 "Prefabricated reinforced components of lightweight aggregate concrete with open structure" európai szabványtervezet a következő meghatározásokat tartalmazza:

> 3.1.1 Könnyű adalékanyag (Lightweight aggregate, LWA): Pórusos szövetszerkezetű szemcsés anyag, amelynek szemcse-testsűrűsége nem több, mint 2000 kg/m³, és halmazsűrűsége laza állapotban nem több, mint 1200 kg/m³.

3.1.2 Könnyű adalékanyagos beton (Lightweight aggregate concrete, LAC): Hézagos szövetszerkezetű beton, amelynek testsűrűsége kiszárított állapotban nem több, mint 2000 kg/m³, és teljesen vagy nagyobb részt könnyű adalékanyagból (LWA) készül.

3.1.3 Hézagos szövetszerkezet (Open structure): Olyan összetételű beton, amelynél a térfogat egy része (szokásos módon több, mint 3 %) az adalékanyagszemek közötti hézagokból áll. (Ez a hézagos szövetszerkezet a csökkentett finom adalékanyag és/vagy kötőanyag tartalom következménye.)

Németországban a könnyűbetonokat a következőképpen osztályozzák:

Könnyűbetonok			
Betonféleség	**Testsűrűség, kg/m³**	**Pórusok**	**Nyomószilárdság N/mm²**
Tömör könnyű-adalékanyagos beton	**1400-1800**	**Zárt pórusok**	**5 - 45**
Nagyhézagtérfogatú, könnyű-adalékanyagos beton	**1100-1400**	**Nyitott pórusok**	**2,5 - 12,5**
Pórusbeton (kereskedelmi megnevezés, korábbi neve a kereskedelemben is gázbeton volt)	**300 -1000**	**Finom pórusok**	**0,5 - 15**
Hőszigetelő beton	**300 alatt**	**Finom pórusok**	**Nem teherhordó**

Az adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbetonban az adalékanyag csak durva és közepes nagyságú szemekből áll. A finomszemeket elhagyják vagy csak nagyon kis mennyiségben alkalmazzák (no - fines concrete). A kötőanyag mennyiséget az adalékanyag szemek felületének vékony bevonásához szükséges mértékre korlátozzák.

A nagy hézagtartalom előállítása érdekében a cement nem töltheti ki az adalékanyag szemek közötti hézagokat. A vízadagolás nem lehet olyan nagy, hogy a cement a vízzel alulra süllyedjen és az alsó hézagokat betömje. Legyen viszont akkora, hogy a cement minden adalékanyag szemet egyenletesen bevonjon. A frissbeton csak kissé tömöríthető, az adalékanyag szemek közötti hézagok (Haufwerksporen) nyitottak és jól láthatók.

Az adalékanyag szemek pontszerűen érintkeznek egymással. A frissbeton porozitása (Frischbetonporenraum), azaz hézagtérfogata (szemcsék közötti hézagosság) a hézagok kitöltésétől függően akár 40 térfogat%-ot is elérheti, és általában a 20 térfogat%-ot meghaladja. Az adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton összporozitása (az adalékanyag szemekben lévő pórusok és a szemek között lévő hézagok együttes mennyisége) akár 60 térfogat% felett is lehet.

Az adalékanyagos könnyűbeton fenti porozitás fogalmait így értelmezzük:

Beton hézagtérfogat $^{\%}$ ***= Cementbevonatú adalékanyagszemek közötti hézagosság térfogatszázalékban kifejezve =***

$$= \frac{\gamma_A - \gamma_B}{\gamma_A} * 100$$

Beton összporozitás $^{\%}$ ***=***

$$= \frac{\rho_B - \gamma_B}{\rho_B} * 100$$

ahol:

γ_A = cementbevonatú adalékanyagszemek testsűrűsége,

γ_B = könnyűbeton testsűrűsége,

ρ_B = könnyűbeton anyagsűrűsége.

A közelmúlt magyar szabványai közül a következők érintették az adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton tárgykörét:

MSZ 11404:1992 Adalékos, könnyűbeton, kézi falazóelemek

MSZ 11405-1:1992 Leier-építőelemek. Általános előírások

MSZ 11405-2:1992 Leier-építőelemek. Habisol hőszigetelő falazóelemek

MSZ 11405-3:1992 Leier-építőelemek. Főfalazó falazóelemek

MSZ 11405-5:1992 Leier-építőelemek. Válaszfallapok

Nem mondhatjuk kifejezetten a tárgykörhöz tartozónak a régi magyar ME-04.101-83 "No-fines" rendszerű öntöttbeton alkalmazása című építésügyi ágazati műszaki előírást, amely ugyan tömörítés nélkül előállított, egyszemcsés, szemcsehézagos monolit beton (NF-beton) építőipari alkalmazására vonatkozott, de az NF-beton készítéséhez nem könnyű adalékanyag, hanem legalább 2600 kg/m^{3}testsűrűségű kavics vagy zúzottkő adalékanyag használatát írta elő. A műszaki előíráshoz függeléket csatoltak, amelyben részletesen foglalkoztak az NF-beton tulajdonságaival.

A kohóhabsalak adalékanyagú szemcsehézagos könnyűbeton hazai alkalmazásáról *dr. Palotás László - dr. Balázs György*: Mérnöki szerkezetek anyagtana 3. kötet. Beton - Habarcs - Kerámia - Műanyag. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1980. könyv IX. rész 3.1 fejezetében olvashatunk.

Németországban az adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton anyagú falak készítését szabályozták: DIN 4232:1987 Wände aus Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge; Bemessung und Ausführung. Az Interneten 1998-ban olvasni lehetett arról, hogy például Berlinben és Németország keleti részén mintegy 850 ezer lakás külső fala készült ötszintes építésre alkalmas, nagyméretű,

előregyártott, adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton falelemből (*Arnulf Trätner: Untersuchungen an Außenwandelementen aus haufwerksporigem Leichtbeton).*

Adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton többféle adalékanyaggal készíthető. Ezek közül ma a természetes előfordulású tufák és a mesterséges duzzasztott agyagkavicsok a leginkább használatosak, napjainkban Magyarországon az utóbbi alkalmazása az elterjedt. A fenti képen látható és ahhoz hasonló különféle kézi falazóelemeket többnyire duzzasztott agyagkavics adalékanyagból gyártják.

Utóirat: Az MSZT/MB 107 műszaki bizottság az 1998. október 22-i ülésén úgy határozott, hogy az érintett európai szabványok magyar fordításában a fenti betonféleséget "***könnyűadalékanyagos, nagyhézagtérfogatú beton***"-nak nevezi.

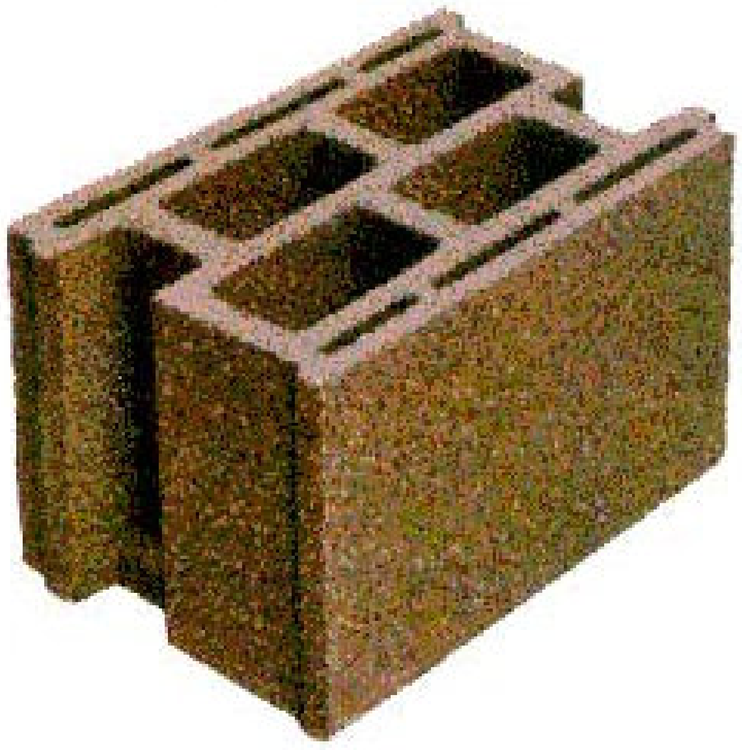
Vissza a

Noteszlapok abc-ben

Noteszlapok tárgykörönként

Könnyű-adalékanyagos, nagy-hézagtérfogatú beton

Németül:	- Haufwerksporiger Leichtbeton - Einkornbeton (Egyszemcsés beton)
Angolul:	- Lightweight aggregate (LWA) concrete (LAC) with open structure - No fines concrete (Egyszemcsés beton)
Franciául:	Béton de granulats légers á structure ouverte



Duzzasztott agyagkavics adalékanyagú, nagy-hézagtérfogatú betonból készített főfal-falazóelem

Duzzasztott agyagkavics beton falazóelem oldalának hézagos felülete, cementpéppel bevont szemekkel

Jelmagyarázat: ◈ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

A könnyű-adalékanyagos, nagy-hézagtérfogatú beton a könnyűbetonok ◈ egyik fajtája. Adalékanyaga közel egyszemcsés szemeloszlású ◈ könnyű-adalékanyag ◈, amely durva és közepes nagyságú szemekből áll, finomszemeket nem, vagy csak nagyon kis mennyiségben tartalmaz. A nagy hézagtartalom előállítása érdekében a cementpép nem tölti ki az adalékanyag szemek közötti hézagokat, mennyisége csak az adalékanyag szemek felületének vékony bevonásához elegendő. A frissbeton keverővíz adagolása nem olyan nagy, hogy a cementpép a vízzel alulra süllyedjen, és az alsó hézagokat betömje. A keverővíz adagolás elegendő viszont ahhoz, hogy a cementpép minden adalékanyag szemet egyenletesen bevonjon. A frissbeton csak kissé tömöríthető. Az adalékanyag szemek pontszerűen érintkeznek egymással. A frissbeton hézagtérfogata ◈ a hézagok kitöltésétől függően a 20 térfogat %-ot általában meghaladja, és akár a 40 térfogat %-ot is elérheti.

A szilárd könnyű-adalékanyagos, nagy-hézagtérfogatú betonban az adalékanyag szemek közötti hézagok nyitottak és jól láthatók. Az összporozitás (az adalékanyag szemekben lévő pórusok és a szemek között lévő hézagok együttes mennyisége) ◈ akár 60 térfogat % felett is lehet. A beton testsűrűsége ◈ 1100-1400 kg/m^3, nyomószilárdsága ◈ 2,5 – 12,5 N/mm^2, hővezetési tényezője ◈ a testsűrűségtől, a könnyű-adalékanyag fajtájától függően 0,3 - 0,5 W/mK.

Adalékanyagos, nagy-hézagtérfogatú beton többféle adalékanyaggal készíthető. Az adalékanyag elvileg lehet duzzasztott agyagkavics, kohóhabsalak, pernyekavics, kazánsalak (könnyű-adalékanyag), esetleg kavics,

zúzottkő (közönséges adalékanyag) ◆, a gyakorlati alkalmazhatóság azonban az adalékanyag kémiai és fizikai tulajdonságainak, az előállított termék minőségének és tartósságának, valamint a gazdasági feltételeknek függvénye.

Magyarországon például az 1960-as években építettek kísérleti jelleggel öntött kohóhabsalak-beton falszerkezetű épületeket, ahol a kohóhabsalak szemnagysága 7/15 vagy 15/30 mm volt. Az 1980-as években kavicsból állítottak elő egyszemcsés (12/20 mm szemnagyságú), szemcsehézagos monolit betont, amiből ún. "No-fines" rendszerű, tömörítés nélküli öntöttbetont készítettek, és amelyet legfeljebb ötszintes lakóépületek építéséhez használtak. Napjainkban hazánkban a könnyű-adalékanyagos, nagy-hézagtérfogatú beton készítésére a duzzasztott agyagkavics alkalmazása terjedt el. Duzzasztott agyagkavics adalékanyagú, nagy-hézagtérfogatú betonból elsősorban főfal-falazóelemeket, válaszfallapokat, hőszigetelő falazóelemeket, ritkán, inkább külföldön falelemeket gyártanak.

A könnyű-adalékanyagos, nagy-hézagtérfogatú beton testsűrűségének vizsgálatával az MSZ EN 992:1998, nyomószilárdságának vizsgálatával az MSZ EN 1354:1998, az építőelemek méretének meghatározásával az MSZ EN 991:1998 európai szabvány foglalkozik.

Megjelent a	BETON szakmai havilap	2002. szeptember havi számának 16. oldalán

Vissza a fogalmak tartalomjegyzékéhez

Nagyszilárdságú beton

Németül:	Hochfester Beton (HFB)
Angolul:	High strength concrete (HSC)
Franciául:	Béton à hautes résistances en compression (BHRC)

Bevezetőben emlékeztetünk arra, hogy a visszavont MSZ 4719:1982 szabványban a legnagyobb nyomószilárdsági osztály C55, azaz a vegyesen tárolt Ø150·300 mm méretű próbahengerre vonatkozó legnagyobb előírt jellemző érték 55 N/mm^2, a vegyesen tárolt 150 méretű próbakockára vonatkozó legnagyobb előírt jellemző érték 60 N/mm^2 volt, tehát mondhatjuk, hogy az MSZ 4719:1982 szabvány a nagyszilárdságú betonokat nem tárgyalta.

Az MSZ 4719:1982 szabványt felváltó MSZ EN 206-1:2002 szabvány, illetve MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint nagyszilárdságú a beton, ha C55/67 – C100/115 nyomószilárdsági osztályú közönséges beton, illetve HC55/67 – HC100/115 nehézbeton, vagy LC55/60 – LC80/88 nyomószilárdsági osztályú könnyűbeton. A gyakorlatban nagyszilárdságúnak nevezik a betont, ha a nyomószilárdsága 60 – 130 N/mm^2 között van. (A 150 N/mm^2 nyomószilárdság már az ultra nagy szilárdságú beton ❖ alsó szilárdsági határértéke.)

Hagyománya nem régi, Németországban *R. von Halasz* 1945-ben 60 N/mm^2, *O. Graf* 1954-ben 75 N/mm^2, *K. Walz* 1966-ban 140 N/mm^2 nyomószilárdságú beton készítéséről számol be.

Magyarországon az 1950-es évek elején az *Építéstudományi Intézetben Kunszt György* a tübbing-gyártáshoz végezett autoklávolt, illetve vákuumozott nagyszilárdságú betonokkal kísérleteket, és 100 N/mm^2 nyomószilárdságot ért el. *Balázs György* az 1960-as években kutatta a nagyszilárdságú betonok tulajdonságait, és ért el 80 N/mm^2 nyomószilárdságot (*Balázs*, 2009). Építéshelyi előállítása a naftalin-, majd a melamin-formaldehid-szulfonát bázisú folyósítószerek ❖ és a szilikapor ❖ alkalmazásával az 1970-es években vált lehetővé. Az öt-komponenses rendszer alkotói a cement, víz, adalékanyag, adalékszer és kiegészítőanyag. Napjainkban – az 1990 óta folyó észak-amerikai, francia, norvég, német fejlesztések eredményeként – szilikaporral és szulfonált-vinilkopolimer, ill. polikarboxilat bázisú szuper-folyósítószerekkel ❖ a 0,25 alatti víz-kötőanyag (módosított víz-cement) tényezőjű ❖, képlékeny és folyós konzisztenciájú ❖, nagyszilárdságú betonok 150 N/mm^2 nyomószilárdságig ❖ megfelelő szakértelem mellett hazánkban is biztonsággal előállíthatók (*1. ábra*).

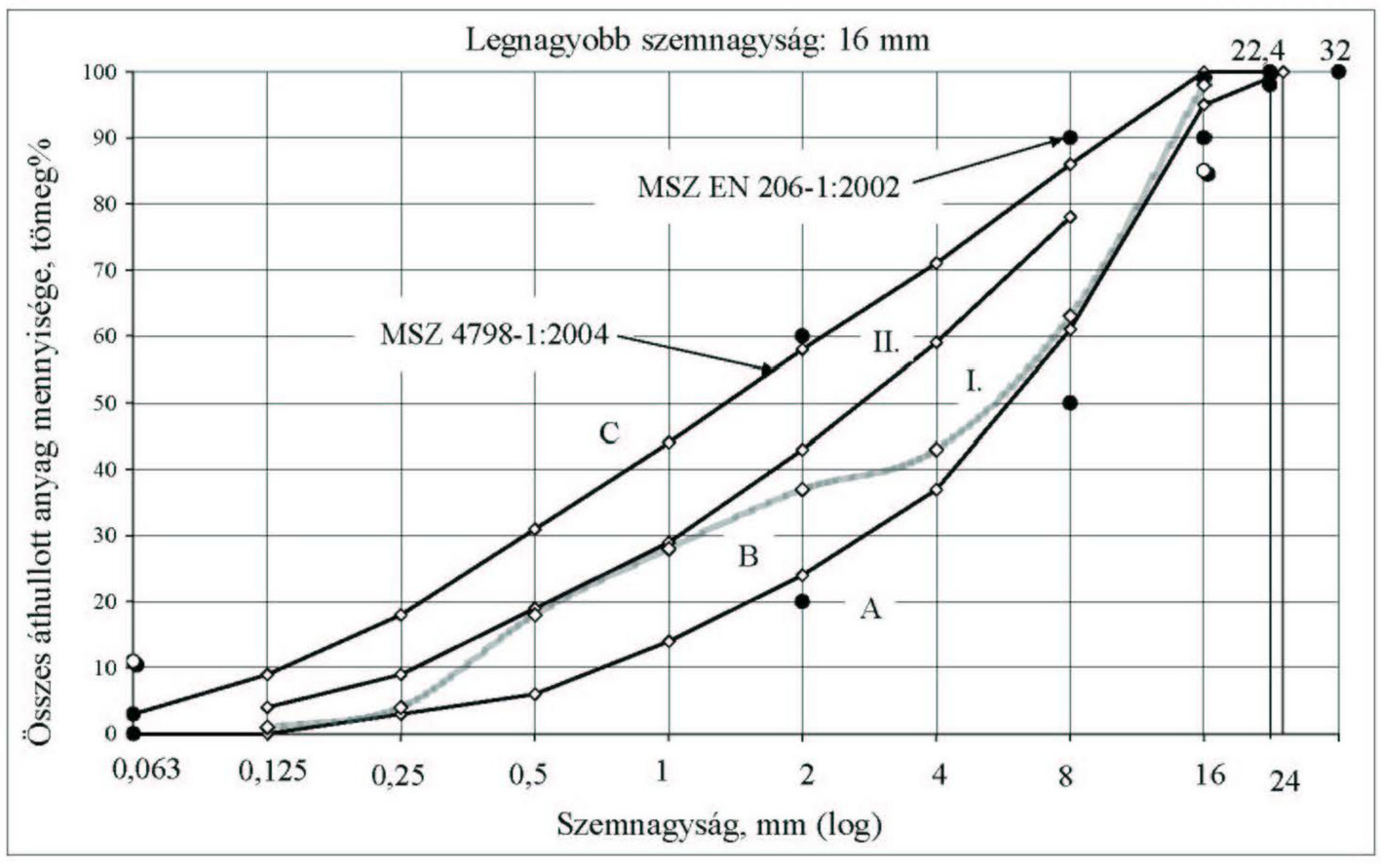
1. ábra: Az *AGM Beton Zrt.* által Rocla technológiával gyártott vasbeton elemekből utólagos feszítéssel összeállított 40 m magas átjátszó torony, amely a *BVM ÉPELEM Előregyártó és Szolgáltató Kft.* legalább $f_{cm,cube}$ = 80 N/mm^2 átlagos nyomószilárdságú betonjából készül a Budapest, XI. Budafoki út 215. szám alatti telepen

Nagyszilárdságú beton előállítására elméletileg minden MSZ EN 197-1 szabvány szerinti CEM I és nagyobb őrlésfinomságú CEM II típusú portlandcement ❖ alkalmas, azok közül is kedvező tulajdonságai folytán 105 N/mm^2 beton nyomószilárdságig leginkább a CEM I 42,5 R jelű portlandcement, 105 N/mm^2 nyomószilárdság felett a CEM I 52,5 R jelű

portlandcement alkalmazása ajánlott. A túl korai kötést szükség esetén kötéskésleltető adalékszerrel lehet megakadályozni. Ha a lassúbb szilárdulási folyamat nem hátrány, akkor kedvező kísérleti eredmények alapján felhasználható a kisebb hőfejlesztésű CEM III/A típusú kohósalakcement ❖ is. A kis trikalcium-aluminát (felit, $3CaO \cdot Al_2O_3$, röviden C_3A) ❖ tartalmú, szulfátálló, úgy nevezett HS-cementek (Zement mit **h**ohem **S**ulfatwiderstand) kis vízigényük, mérsékelt hőfejlesztésük és szilárdulási sebességük, valamint csökkent kémiai zsugorodásuk és kis másodlagos ettringit képződési hajlamuk következtében szintén alkalmasak nagyszilárdságú betonok készítésére. Ilyen például a DIN 1164:2000 szerinti CEM I 42,5 R-HS, CEM I 32,5 N-HS, CEM I 32,5 N-LH/HS jelű szulfátálló portlandcement, amelyek trikalcium-aluminát tartalma ≤ 3 tömeg%, és Al_2O_3 tartalma ≤ 5 tömeg%; vagy az MSZ 4737-1:2002 szerinti CEM I 32,5 R-S jelű szulfátálló portlandcement, amelynek aluminát modulusa ($AM = Al_2O_3/Fe_2O_3$) $\leq 0{,}40$. Egyébként a cement szulfátállóságának feltétele az $AM < 0{,}64$ követelmény teljesülése, amely az egykori hazai „S-54 350" jelű szulfátálló portlandcement esetén az MSZ 4702-4:1982 szabványban, vagy a még korábbi MSZ 4702:1956 szabványban (akkor e cement megnevezése „S 54 jelű 500-as portlandcement" volt) megkövetelt $AM \leq 0{,}70$ értékkel szemben biztonságból $AM \leq 0{,}54$ volt (*Révay*, 2008). Lassúbb szilárdulási folyamat esetén az első órákban különös gonddal kell óvni a betont kiszáradástól.

A nagyszilárdságú beton cementtartalma célszerűen legfeljebb 450-500 kg/m^3. Ennél nagyobb cementtartalom esetén fokozottan fennáll a hőfejlődési, kémiai és autogén repedések ❖ keletkezésének veszélye, amikor is – különösen nagyobb külső hőmérséklet vagy nagyobb keresztmetszeti méretek esetén – törekedni kell a cement ❖ hőfejleszténének csökkentésére.

A beton szilárdságának növekedésével növekszik az adalékanyag ❖ mechanikai, geometriai és hidrotechnikai tulajdonságainak jelentősége. A 100 N/mm^2-nél nagyobb átlag szilárdságú (C90/105 és C100/115 nyomószilárdsági osztályú) beton durva adalékanyaga nagyszilárdságú, általában bazalt zúzottkő, de a nagyszilárdságú beton húzószilárdságát ❖ zúzott adalékanyaggal nem lehet növelni. Újrahasznosított adalékanyagot ❖ nem szabad használni. Az adalékanyag legnagyobb szemnagysága ❖ 8-16 mm közötti legyen, ami a jobb térkitöltés és bedolgozhatóság folytán a nagyszilárdságú beton szilárdságát általában növeli. A szemmegoszlási görbe ❖ a 2 mm-nél finomabb szemek tartományában simuljon a „B" határgörbéhez, a 2 mm-nél durvább szemek tartományában közelítsen az „A" határgörbéhez, és kevés 0,25 mm-nél finomabb szemet tartalmazzon (*2. ábra*). Az adalékanyag szemalakja ❖ zömök legyen, de előnyös, ha a homok éles szemű. Az adalékanyag vízfelvétele csekély legyen.



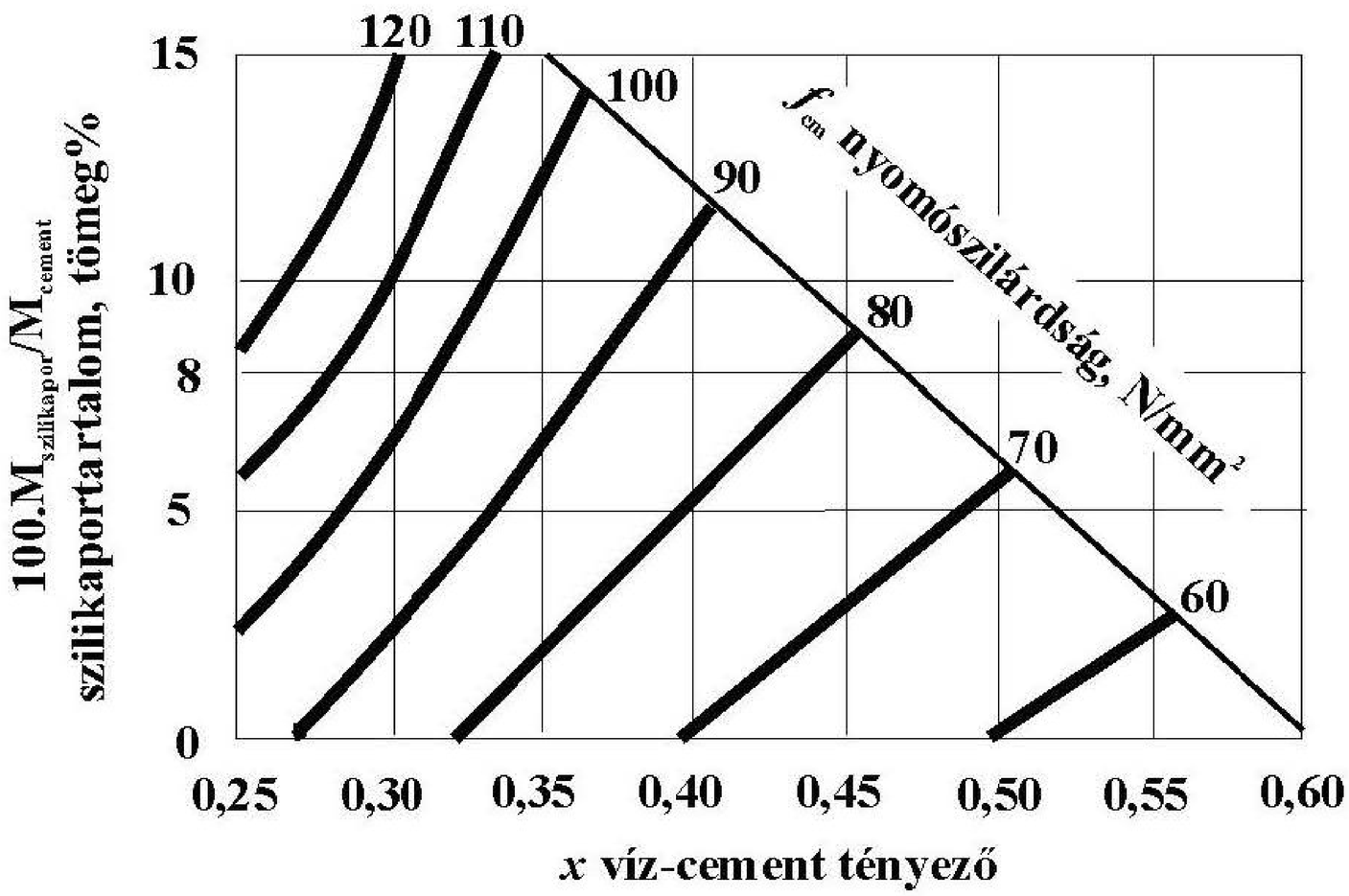
2. ábra: Példa a nagyszilárdságú beton 16 mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyagának szemmegoszlási görbéjére

Az esetleges mészkőliszt adagolással óvatosan kell bánni, például 450 kg/m^3 cementtartalom esetén ne haladja meg az 550 kg/m^3 értéket.

Könnyű adalékanyag alkalmazásával teherhordó nagyszilárdságú könnyű betont (angolul: „high strength light-weight aggregate concrete"; németül: „Hochfeste Leichtbeton") lehet készíteni. Ennek rugalmassági modulusa elsősorban testsűrűségétől és nyomószilárdságától függ, általában 20000-35000 N/mm^2. A testsűrűségtől is befolyásolt hasító-húzószilárdsága mintegy 2-5 N/mm^2.

A keverővíz ❖ feleljen meg az általános betontechnológiai követelményeknek, különös tekintettel a szennyeződésekre és a kloridion-tartalomra. Betongyártásból visszanyert vizet csak kedvező vizsgálati és beton kísérleti eredmények esetén szabad alkalmazni. A keverővíz mennyiségébe be kell számítani az adalékanyag felületi nedvességtartalmát, az adalékszer(ek) és kiegészítő anyag(ok) víztartalmát is, de befolyásolja azt az adalékanyag rövid idejű vízfelvétele és a párolgási veszteség is.

A nagyszilárdságú betonra az *Abrams*-féle víz-cement tényező törvény általánosságban ugyan fennáll, de a hagyományos *Walz*-féle diagram a beton összetételének tervezésére nem alkalmazható (❖ víz-cement tényező), mert a nagyszilárdságú beton nyomószilárdsága – a bedolgozási és tömörítési nehézségek megszűntével – az $x \leq 0{,}5$ víz-cement tényező tartományban a közönséges betonénál sokkal erősebben növekszik, és így $x = 0{,}35$ víz-cement tényező alatt sem esik vissza. A nagyszilárdságú beton víz-kötőanyag tényezője általában 0,27 – 0,37. Várható nyomószilárdságára a *3. ábrán* látható példa.



3. ábra: Példa a nagyszilárdságú beton várható 28 napos nyomószilárdságára ($f_{cm,cube,100}$) a víz-cement tényező (x) és a cementtartalomra vonatkoztatott ($100 \cdot M_{szilikapor}/M_{cement}$) szilika-portartalom függvényében. A diagramot 100 mm méretű próbakocka, homokos kavics adalékanyag és CEM I 42,5 R jelű cement alkalmazásával végzett kísérletek eredményei alapján rajzolták fel. (Forrás: *König* et al., 2001)

Aktív, ún. II. típusú kiegészítő anyagként mikroszilikát (szilikapor ❖ vagy szuszpenzió alakjában), kőszénpernyét, metakaolint, nanoszilokát (szilikapor ❖) szokás, bizonyos esetekben a beton tömörségének növelésére inert, ún. I. típusú kiegészítő anyagként kvarc- vagy mészkőlisztet lehet alkalmazni. A kiegészítő anyagok – fajtától függő – hatása: a cementkő pórusszerkezetének és tömörségének javítása; a puccolános reakció folytán (szilikapor ❖) szilárdsághordozó pótlólagos kalcium-szilikát-hidrátok képződése; a cementkő és az adalékanyag határfelületi kapcsolatának javítása. Az aktív kiegészítő anyagok főbb jellemzőit az *1. táblázat* tartalmazza.

1. táblázat: Aktív kiegészítő anyagok főbb jellemzői

Összetétel, tömeg%	Szilikapor	Nanoszilika	Metakaolin	Kőszénpernye
SiO_2	91 – 97	100	51 – 55	40 – 60
Al_2O_3	1,0 – 1,4	–	40 – 42	23 – 24
Fe_2O_3	0,2 – 1,2	–	0,5 – 4,6	2 – 16
CaO	0,2 – 0,4	–	0,1 – 0,34	0,6 – 8,5
Átlagos szemnagyság, μm	~ 0,1	~ 0,015	1,3	~ 10 – 20
Fajlagos felület, m^2/g	18 – 22	180 – 230	10,0 – 16,8	0,3 – 0,8
Előállítási alak	Por, szuszpenzió	Kolloid oldat, por	Por	Por

A szilikapor ❖ a ferro-szilícium, illetve a fémszilícium gyártás melléktermék, amelynek fő összetevője az üvegszerű, amorf szilícium-dioxid. Fő szerepe a kalcium-szilikát-hidrátok képződésében és a határfelületi fáziskapcsolatok javításában áll. Adagolt mennyisége a cementtartalomnak legfeljebb 10-11 tömeg%-a. A szilikapor hatékonysága 28 napos korra a cementének három-négyszerese, de a szilárdulás első három napjában a beton nyomószilárdságára alig van hatással. Nagyszilárdságú betont C70/85 nyomószilárdsági osztály felett szilikapor nélkül készíteni általában nem lehet.

A nanoszilika mesterségesen előállított, igen finom és nagy tisztaságú kovasav. Puccolános tulajdonsága a szilikaporéhoz hasonló. Alkalmazásával az adalékanyaghalmaz hézagtérfogata tovább csökkenthető.

A metakaolint természetes kaolinból 450-800 °C hőmérsékleten, zsugoröntéssel állítják elő. Puccolános aktivitása a szilikaporénak mintegy kétszerese. Átlagos szemnagysága az őrlésfinomságtól függően a szilikapor és a cement szemnagysága (5-30 μm) között helyezkedik el. Hatása a beton nyomószilárdságára és klorid-állóságára jelentős.

A kőszénpernye a széntüzelés melléktermék, amelyet a füstgázból elektrofilterrel szűrnek ki. Kémiai összetétele hasonlít a természetes puccolánok összetételéhez. Hatása fizikai és kémiai. Közönséges betonok készítéséhez is használják, mert általa a hidratációs ❖ hőfejlődés csökkenthető. Adagolt mennyisége a cementtartalomnak legfeljebb 25 tömeg%-a. A pernye szilárdulása lassú, hatása a beton 28 napos nyomószilárdságára kisebb, mint a cementé.

Német tapasztalatok szerint (*König* et al., 2001) előnyös a kőszénpernyét és a szilikaport együtt alkalmazni, már csak a tömörség javítása érdekében is, mert a pernye szemnagysága a szilikapor és a cement szemnagysága közé esik. E két aktív kiegészítő anyag együttes alkalmazása a hidratációs hőfejlődést, és így a repedésképződés veszélyét is csökkenti.

A cement klinker hidrátok mindenekelőtt a kötött kalcium-oxidok és szilícium-dioxidok arányszámában (nevezhetjük mészmodulusnak is) különböznek a puccolános reakció során keletkező kalcium-szilikát-hidrátoktól. Ennek a karbonátosodás veszélye miatt van jelentősége. Cement esetén a CaO/SiO_2 arányszám 0,8-2,0 között fekszik. Ha értéke 0,8 alá esik, akkor a hidrátfázisok instabillá válnak, a kevés szabad kalcium-oxid folytán a beton a karbonátosodás során hamar elveszti a lúgosságát, és megnövekszik az acélbetétek korrodálásának veszélye. A CaO/SiO_2 arányszám szilikapor esetén mintegy 0,9; pernye esetén mintegy 1,5, ami az utóbbi előnyére vall. A szilikapor és a pernye eltérő aktivitása és összetétele figyelembevételével írták fel a cement tömegére vetített százalékos formában a „szilikapor egyenérték" összefüggését, és korlátozták értékét, amely nem lehet nagyobb a cement tömegére vetített 15 tömeg%-nál:

$$Szilikapor\ egyenérték^{tömeg\%} = M_{szilikapor}^{tömeg\%} + \frac{M_{pernye}^{tömeg\%}}{3} \leq 15\ tömeg\%$$

Mikroszilika és kőszénpernye együttes adagolása során a víz-cement tényező helyett a „víz-kötőanyag tényezőt” (x_{eq}) kell meghatározni értelemszerűen általában a következő összefüggéssel, amelyben M az 1 m^3 betonban lévő összetevők tömegének a jele:

$$x_{eq} = \frac{M_{keverővíz} + M_{mikroszilika\,szuszpenzió\,víztartalma} + M_{adalékszerek\,víztartalma} + M_{adalékanyag\,víztartalma}}{M_{cement} + M_{szilikapor} + 0{,}4 \cdot M_{pernye}}$$

A nagyszilárduláságú beton előállítása a kis víz-kötőanyag tényező folytán főképp az utóbbi években kifejlesztett szulfonált-vinilkopolimer bázisú (poliakrilátok) és polikarboxilát bázisú ún. szuper-folyósító adalékszereknek ❖ köszönhető. A szuper-folyósítók a hagyományos folyósítókkal ellentétben nem a bevont cement szemek egymástól való elektrosztatikus taszításával fejtik ki hatásukat, hanem azáltal, hogy a hosszú láncú molekulák mellék láncai a bevont cement szemeket térbelileg távolítva egymástól csökkentik vagy szüntetik meg szemek közötti vonzóerőt (németül: sterischer Effekt). A szuper-folyósító adalékszerek a korábbi hagyományos adalékszereknél sokkal jobban folyósítanak és hatásidejük is hosszabb, ezért szükséges adagolásuk csekély, de az adagolás mértéke a cement fajtának és a víz-kötőanyag tényezőnek is függvénye.

Szálerősítést akkor szokás alkalmazni, ha a nagyszilárdságú beton törési és alakváltozási tulajdonságait javítani kell. Az acélhuzal és a polipropilén szálak együttes alkalmazása előnyös. Az acélszál adagolás felső határa általában 1,00-1,25 térfogat%, a polipropilén szálé mintegy 0,1 térfogat%. A szálerősítésű nagyszilárdságú beton (angolul: „fiber reinforced high strength concrete”; németül: „Hochfeste Faserbeton”) konzisztenciája a szálak bekeverése előtt folyós (F4 – F6 terülési osztályú), illetve a szálak hozzákeverése után 420-550 mm terülési mértékkel képlékeny (F3 – F4 terülési osztályú) legyen. Nyomószilárdsága, rugalmassági modulusa és húzószilárdsága alig különbözik a szálerősítés nélküli nagyszilárdságú betonétól, de a megrepedt szálerősítésű nagyszilárdságú beton szívóssága jelentős, zsugorodása és repedésérzékenysége kisebb, tartóssága általában jobb, mint a szálerősítés nélküli nagyszilárdságú betoné (*König* et al., 2001).

Nagyszilárdságú betonból készülő vasbeton esetén előnyös az új fejlesztésű mélybordás hidegen alakított betonacél (németül: kaltverformter Betonstahl mit Tiefrippung) alkalmazása, mert annak a „bordafelület vetületi egyenértéke” (németül: bezogene Rippenfläche) kisebb, mint 0,04, miáltal a betonacél és a nagyszilárdságú beton kapcsolati feszültsége – amely egyébként a közönséges betonénál merevebb – képlékenyebb lesz, a betonfedésre a betonacélból kisebb húzó igénybevétel adódik át, és csökken a beton hosszrepedésének veszély (*Reinhardt*, 2006).

Nagyszilárdságú beton gyártása során törekedni kell a betonösszetevők adagolásának ±1,0 tömeg%-os pontosságára. A mikroszilika szuszpenziót a száraz cementre juttatva, az adalékszereket utolsónak kell a betonkeverőbe juttatni. A friss beton ragadóssága miatt nagyobb keverési hatásfokra van szükség, mint a közönséges beton esetén. A nagyszilárdságú beton erősen képlékeny – folyós konzisztenciája (terülési mérték 480-650 mm) folytán általában könnyen szivattyúzható és jól bedolgozható, de tömörítési energia igénye 30-50 %-kal több, mint a közönséges betoné. A beton korai kiszáradását – a korai repedések és szövetszerkezeti károsodások keletkezésének, a karbonátosodási sebesség megnövekedésének elkerülése érdekében is – minden eszközzel meg kell akadályozni. A közönséges adalékanyag 4-8 mm szemnagyságú tartománya egy részének előre nedvesített könnyű adalékanyaggal történő cseréjével ún. „belső utókezelés” is elképzelhető. Amíg az $x > 0{,}4$ víz-cement tényezőjű közönséges beton esetén főképp a száradási és karbonátosodási zsugorodások ❖ felléptének van veszélye, addig a nagyszilárdságú beton esetén elsősorban a kapilláris és a kémiai (autogén) zsugorodások ❖ felléptének nőhet meg a mértéke, ill. veszélye.

A nagyszilárdságú beton 1 napos korban elérheti a 28 napos nyomószilárdság 50 %-át is. Rugalmassági modulusa a szilárdság növekedésnél kisebb arányban növekszik, értéke – az

adalékanyag fajtájától, a cement fajtájától és mennyiségétől stb. függően – általában 35000-50000 N/mm^2 között van. Haránt alakváltozási (*Poisson*-féle) tényezője $\nu = \varepsilon_k/\varepsilon_h =$ = 0,16-0,26 között változik. A nagyszilárdságú beton kúszása a közönséges betonénál kisebb, de ha a nyomófeszültség eléri a beton f_{ck} jellemző értékének 40 %-át, akkor a kúszás – valószínűleg ugyanúgy, mint a közönséges betonnál – a nyomófeszültség növekedésénél nagyobb mértékben növekszik (nem lineáris kúszás). Nagyszilárdságú beton esetén is $10 \cdot 10^{-6}$ K^{-1} hőtágulási tényezővel lehet számolni.

A nagyszilárdságú beton a *nagy teljesítőképességű betonok* ❖ (németül: Hochleistungsbeton, angolul: high-performance concrete, franciául: Béton très performant) csoportjába tartozik, így ezt a megnevezését sokszor szinonimaként alkalmazzák.

A nagyszilárdságú (nagy teljesítőképességű) beton tulajdonságai közül a nagy szilárdságon ❖ kívül kiemelkedik a fokozott gáz- és vízzáróság ❖, a jobb kémiai ellenállóképesség ❖ és a fagy- és olvasztósó-állóság ❖. A kapilláris pórusok mennyisége 5 térfogat% alá, a vízbehatolás mértéke ❖ 10 mm alá, a kapilláris vízfelszívás magassága ❖ 35 mm alá, a levegő átbocsátóképesség ❖ $20 \cdot 10^{-17}$ m^2 alá csökkenhet. A nagyszilárdságú beton sav-, szulfát-, és kloridállósága ❖, alkáli szilikát reakciónak (alkálifém-oxid reakció ❖) való ellenállóképessége a közönséges betonénál jobb, karbonátosodási sebessége kisebb. A 0,4 alatti víz-kötőanyag tényezőjű nagyszilárdságú beton fagy- és olvasztósó-állósága általában sokkal jobb, mint a 0,5 körüli víz-kötőanyag tényezőjű légbuborékos közönséges beton fagy- és olvasztósó-állósága.

A nagyszilárdságú beton kopásállósága ❖ a vizsgálati módszertől függő jellemző. Egyedül a *Böhme*-féle módszerrel vizsgálva kisebb a nagyszilárdságú beton kopási ellenállása, mint a közönséges betoné. Ezzel ellentétben a *Brinell*-féle és a *Vickers*-féle keménység, valamint a szöges gumiabroncs koptató hatásának való ellenállás a nagyszilárdságú beton esetén nagyobb, mint a közönséges beton esetén.

Mindezen tulajdonságok folytán a nagyszilárdságú beton előnyösen alkalmazható a magasház-, híd-, víz- és csatornaépítésben.

Felhasznált irodalom

MSZ 4702:1956	Cementek. Portlandcement, kohósalak portlandcement, traszportlandcement. Visszavont szabvány
MSZ 4702-4:1982	Cementek. Portlandcementek, kohósalak-portlandcementek, pernye-portlandcementek és kohósalakcement. Visszavont szabvány.
MSZ 4719:1982	Betonok. Visszavont szabvány
MSZ 4737-1:2002	Különleges cementek. 1. rész: Szulfátálló cementfajták
MSZ 4798-1:2004	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon
MSZ EN 197-1:2000	Cement. 1. rész: Az általános felhasználású cementek összetétele, követelményei és megfelelőségi feltételei. Módosítva MSZ EN 197-1:2000/A1:2004 és MSZ EN 197-1:2000/A3:2007 jelzet alatt
MSZ EN 206-1:2002	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
DIN 1045-2:2001	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 2: Beton. Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1

DIN 1164:2000 Zement mit besonderen Eigenschaften. Zusammensetzung, Anforderungen, Übereinstimmungsnachweis

Balázs György: Különleges betonok és betontechnológiák II. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2009.

König, G. – Viet Tue, N. – Zink, M.: Hochleistungsbeton. Bemessung, Herstellung und Anwendung. Ernst & Sohn Verlag GmbH. Berlin, 2001.

Reinhardt, H.-W.: Zum Gedenken an Otto Graf, universeller Bauforscher in Stuttgart. Universität Stuttgart. Reden und Aufsätze 71. Hrsg. von O. Pertschl, 2006.

Révay Miklós: Különleges cementek. Fejezet a „Cement-beton Kisokos" c. könyvben. Főszerkesztő: Pluzsik Tamás. Holcim Hungária Zrt., 2008.

Zement-Taschenbuch Verein Deutscher Zementwerke e. V. 51. Ausgabe. Verlag Bau+Technik GmbH., Düsseldorf, 2008.

Jelmagyarázat: ❖ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

A cikk eredeti változata megjelent a	BETON szakmai havilap	2009. szeptember havi, 9. számának 14-17. oldalán

A NORMÁL ÉS NEHÉZ BETONOK NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAI, KÜSZÖB ÉS ÁTLAG ÉRTÉKEI

„A normál és nehéz betonok nyomószilárdsági osztályai, küszöb és átlag értékei" című táblázat erre a mondatra kattintva olvasható.

Megjegyzések:

Az MSZ 4719:1982 nemzeti szabvány a nyomószilárdság értékeket az **MSZ 4715/4:1987** nemzeti szabvány szerint vegyesen tárolt, légszáraz állapotban vizsgált próbatesteken értelmezi.

Az EN 206-1:2000 európai szabvány szerint a nyomószilárdságot végig vízben tárolt, vizes állapotú próbatesteken kell meghatározni. A fenti táblázat a próbatestek vegyes és víz alatti tárolásának, illetve a légszáraz és vizes állapotukban végzett vizsgálat eredményeinek eltéréseit nem veszi figyelembe.

Az eltéréseket *Dr. Erdélyi Attila* tanár úr 2000. októberi oktatási segédlete alapján lehet számításba venni. Német tapasztalatok szerint [Hillsdorf, H. K.: Betonkalender 1993. Teil I. p. 43.] a vegyesen tárolt próbakockák 28 napos nyomószilárdsága a C50/60 nyomószilárdsági osztályig 1,087-szerese, e felett 1,053-szerese a végig vízben tárolt és vizesen tört próbakockák nyomószilárdságának. Ezért az MSZ 4719 szabványban előírt, vegyes próbakocka tárolás mellett érvényes minősítési értékeket 1,087-del, illetve 1,053-del meg kell szorozni, hogy azok a végig vízben tárolt próbakockák EN 206-1:2000 szerinti legkisebb karakterisztikus (előírt) értékeinek megfeleljenek. Ugyanez érvényes a próbakockák átlagos nyomószilárdsági értékeire is.

Ha **például** egy mintacsoport vegyes tárolású próbakockáinak nyomószilárdsági jellemző értéke 31,7 N/mm^2, akkor várható, hogy ugyanezeket a próbakockákat végig víz alatt tárolva 31,7/1,087 = 29,2 N/mm^2 nyomószilárdsági jellemző érték adódik. Amíg tehát a szóban forgó próbakockák vegyesen tárolva megfeleltek az MSZ 4719:1982 szerinti C 25/30 nyomószilárdsági osztálynak, addig végig víz alatt tárolva csak C 20/25 MSZ EN 206-1:2002 szerinti nyomószilárdsági osztályt képviselnek. Más szóval a példa szerinti vegyes tárolású próbakockák jellemző értékét a jövőben nem az MSZ 4719 szerinti 30 N/mm^2 minősítési értékkel, hanem az annak megfelelő 1,087*30 = 32,6 N/mm^2 értékű, MSZ EN 206-1 szerint értelmezett követelménnyel kell összevetni. Minthogy 1,087*25 = 27,2 < 31,7 N/mm^2 < 1,087*30 = 32,6, ezért vegyesen tárolt próbakockáink nyomószilárdsági osztálya az európai szabvány szerint valójában csak C 20/25. Ha példánkban MSZ EN 206-1:2002 szerinti C 25/30 nyomószilárdsági osztályú betont akarunk készíteni, akkor vegyesen tárolt próbakockáink nyomószilárdsági jellemző értéke 31,7 N/mm^2 helyett legalább 1,087*30 = 32,6 N/mm^2 karakterisztikus (előírt) nyomószilárdságú kell, hogy legyen. (Az más kérdés, hogy az európai szabvány szerinti küszöbérték számítás mikor-milyen hatással lesz a nyomószilárdsági osztály követelményének teljesíthetőségére.)

A normál és nehéz betonok nyomószilárdsági osztályai, küszöb és átlag értékei

(2001. április 12-i táblázat)

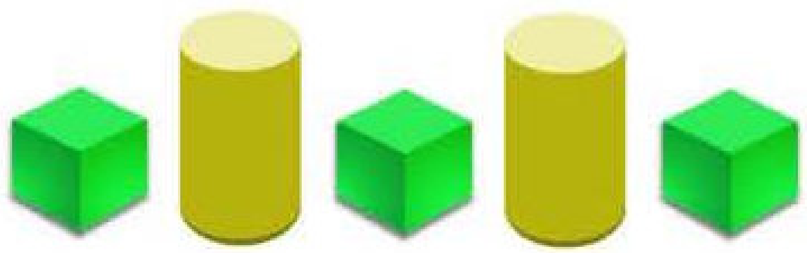
Nyomószilárdsági osztály		A nyomószilárdság alsó 5 %-os **küszöb** értéke, N/mm^2 (Az **MSZ 4719** szerint: minősítési érték, vegyes tárolás mellett; az **EN 206-1** szerint: legkisebb karakterisztikus szilárdság, víz alatti tárolás mellett.)			A nyomószilárdság **átlag** értéke, legalább N/mm^2					
					F 150*300 mm méretű **henger esetén**	**150 mm** méretű **kocka esetén**		**F 150*300 mm** méretű **henger esetén**	**150 mm** méretű **kocka esetén**	**200 mm** méretű **kocka esetén**
MSZ 4719:1982	**EN 206-1:2000**	**F 150*300 mm** méretű **hengerek esetén**	**150 mm** méretű **kockák esetén.** (Zárójelben az EN 206-1 -től eltérő MSZ 4719 szerinti értékek)	**200 mm** méretű **kockák esetén az MSZ 4719 szerint.** (Zárójelben az EN 206-1 -től eltérő értékek), mellettük az EN 206-1 -nak megfelelő értékek.	**EN 206-1:2000 szabvány 14. táblázata szerint.** [Zárójelben az ENV 1992-1:1991 (Eurocode 2) 4.3.táblázata szerint] Minden esetben végig víz alatt tárolt próbatesteken vizsgálva.				**MSZ 4719:1982 szerint, vegyesen tárolt próbatesteken vizsgálva.** (Zárójelben az EN 206-1:2000 szabványtól eltérő MSZ 4719:1982 szerinti értékek), mellettük az EN 206-1:2000 szabványnak megfelelő értékek.		
		$R_{kF,nom}$ $f_{ck,cyl}$	$R_{k150,nom}$ $f_{ck,cube}$	$R_{k200,nom}$	$f_{cm,cyl}$ *	$[f_{cm,cyl}]$ **	$f_{cm,cube}$ ***	$[f_{cm,cube}]$ ****	R_{mF}	R_{m150}	R_{m200}
C 4		4	5	4,8					5,3	6,7	6,4
C 6		6	7,5	7					8,0	10,0	9,3
C 8	C 8/10	8	10	9	12	[16]	15	[20]	10,7	13,3	12,0
C 10		10	12,5	12					13,3	16,7	16,0
C 12	C 12/15	12	15	14	16	[20]	20	[25]	16,0	20,0	18,7
C 16	C 16/20	16	20	19	20	[24]	25	[30]	21,3	26,7	25,3
C 20	C 20/25	20	25	24	24	[28]	30	[35]	26,7	33,3	32,0
C 25	C 25/30	25	30	28	29	[33]	35	[40]	33,3	40,0	37,3
C 30	C 30/37	30	(35) 37	(33) 35	34	[38]	42	[47]	40,0	(46,7) 49,3	(44,0) 46,7
C 35	C 35/45	35	(40) 45	(38) 43	39	[43]	50	[55]	46,7	(53,3) 60,0	(50,7) 57,3
C 40	C 40/50	40	(45) 50	(43) 48	44	[48]	55	[60]	53,3	(60,0) 66,7	(57,3) 64,0
C 45	C 45/55	45	(50) 55	(48) 52	49	[53]	60	[65]	60,0	(66,7) 73,3	(64,0) 69,3
C 50	C 50/60	50	(55) 60	(52) 57	54	[58]	65	[70]	66,7	(73,3) 80,0	(69,3) 76,0
C 55	C 55/67	55	(60) 67	(57) 63	59	[63]	72	[77]	73,3	(80,0) 89,3	(76,0) 84,0
	C 60/75	60	75		64	[68]	80	[85]			
	C 70/85	70	85		74	[78]	90	[95]			
	C 80/95	80	95		84	[88]	100	[105]			
	C 90/105	90	105		94	[98]	110	[114]			
	C 100/115	100	115		104	[108]	120	[124]			

Magyarázat:

*$f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 4$	** $f_{cm,cyl} = f_{ck,cyl} + 8$	*** $f_{cm,cube} = f_{ck,cube} + 4 \cdot f_{ck,cube}/f_{ck,cyl}$	**** $f_{cm,cube} = f_{ck,cube} + 8 \cdot f_{ck,cube}/f_{ck,cyl}$	$R_{mF} = R_{kF,nom}/0,75$	$R_{m150} = R_{k150,nom}/0,75$	$R_{m200} = R_{k200,nom}/0,75$

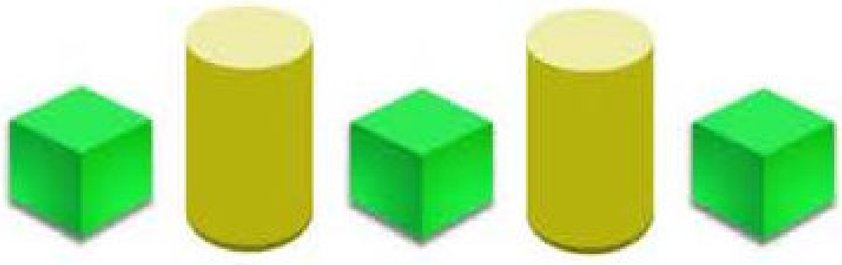
Megjegyezzük, hogy

- az EN 206-1:2000 európai szabvány német nemzeti alkalmazási dokumentuma, a DIN 1045-2:2001-07 szabvány is 0,92 = 1/1,087 értékben adja meg a víz alatt és a vegyesen tárolt próbakockák előírt nyomószilárdsági jellemző értékének hányadosát a C 50/60 nyomószilárdsági osztályig, míg e felett, tehát a nagy szilárdságú betonok próbakockái esetén a 0,95 értékű hányadost alkalmazza. Ugyanígy rendelkezik az osztrák nemzeti alkalmazási dokumentum, az ÖNORM B 4710-1:2001 is;
- a 0,92 = 1/1,087 átszámítási tényezőt csak a próbakockák esetén szabad alkalmazni, mert a víz alatt tárolt és a vegyesen tárolt próbahengerek nyomószilárdságának hányadosa nem 1/1,087 = 0,92, hanem mintegy 1/1,031 = 0,97.



Dr. Szalai Kálmán tanár úr tájékoztatásából ismert, hogy 1999-ben módosították a Közúti Hídszabályzatot, amelyet a BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke, az AKMI és a MAÚT által 1999-ben, CD-ROM alakjában is kiadott "Vasbetonhíd kézikönyv és tervezési segédlet" tárgyal. A kézikönyv szerzői: *Dr. Szalai Kálmán (főszerkesztő), Dr. Farkas György, Dr. Erdélyi Attila, Dr. Loykó Miklós, Koris Kálmán, Kovács Tamás, Péczely Attila.* A **Közúti Hídszabályzat** módosulásai "az erőtani és tartóssági követelményeket közelítik az EC előírásokhoz, illetve megoldásokhoz". E forrásmunkákból állítottuk össze a következő táblázatot, amely a beton nyomószilárdsági osztályok R_{bk} minősítési értékeit tartalmazza a próbatest típusának függvényében a CD-ROM 3.3.1.1. táblázata és a Közúti Hídszabályzat' 2000 előírás 2. táblázata alapján:

Próbatest mérete (mm)	Próbatest tárolás	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60	C 55/67
F150*300 mm méretű henger	víz alatt	16	20	25	30	35	40	45	50	55
150 mm méretű kocka	víz alatt	20	25	30	37	45	50	55	60	67
	vegyesen	22	27	33	40	49	54	60	67	73
200 mm méretű kocka	víz alatt	18	23	28	34	40	45	50	55	62
	vegyesen	19	24	29	35	42	47	52	57	nincs adat



Az EN 206-1:2000 európai szabványban szereplő **“karakterisztikus nyomószilárdság”** kifejezést az 5.5.1.2. fejezet idevágó mondata alapján könnyen értelmezhetjük. A mondat németül így hangzik: “Die charakterische Festigkeit des Betons muss gleich der oder größer als die minimale charakterische Druckfestigkeit für die festgelegte Druckfestigkeitsklasse sein, siehe Tabellen 7 und 8.” Azaz a beton karakterisztikus szilárdsága egyenlő vagy nagyobb kell, hogy legyen, mint a legkisebb karakterisztikus nyomószilárdság a 7. és 8. táblázat szerinti, vonatkozó nyomószilárdsági osztályban.

Tehát az EN 206-1:2000 európai szabvány a nyomószilárdság mai szóhasználatunk szerinti jellemző értékét (jele: R_k az MSZ 4720-2:1980 nemzeti szabványban) “karakterisztikus nyomószilárdság”-nak nevezi, és jelölésére az f_c szimbólumot használja. A nyomószilárdság minősítési értékét (jele: $R_{k,nom}$ az MSZ 4719:1982 nemzeti szabványban) az EN 206-1:2000 európai szabványban a “legkisebb karakterisztikus nyomószilárdság” fejezi ki, jele f_{ck}.

Úgy gondolom, hogy nem követünk el hibát, ha az MSZ EN 206-1:2002 honosított európai szabványban

- az “**f_c** = charakteristische Druckfestigkeit” kifejezést **“nyomószilárdsági jellemző érték”**-nek,
- az “**f_{ck}** = minimale charakteristische Druckfestigkeit” és a “charakteristische Mindestdruckfestigkeit” kifejezéseket pedig **“nyomószilárdsági minősítési érték”**-nek

fordítjuk, és ezt a szabványon értelemszerűen végigvisszük.

Eddigi szóhasználatunk megőrzése az 5%-os küszöbértéket az eddigiektől eltérő módon kifejező fogalmak értelmezését segíti, még akkor is, ha értékeik számításmódja és így szigorúan vett tartalmuk is más a nemzeti, és más az európai beton szabványokban.

Az illetékes szabványügyi műszaki bizottság, amely a szóban forgó európai szabvány magyar fordítási szövegét 2001. szeptember 27-én tárgyalta, fenti javaslatomat érveim ellenére, számomra érthetetlen módon, sajnos nem fogadta el. Ennek az lett a következménye, hogy az MSZ EN 206-1:2002 honosított szabványban a minősítési érték és a jellemző érték fogalma félreérthető:

Fejezet és táblázat	Helytelen magyar szöveg	Helyes értelmezés
3.1.32. fejezet címe	Jellemző szilárdság. Az a szilárdsági érték, amely alá az értékelésbe bevont betontérfogat valamennyi lehetséges részének szilárdságvizsgálati eredményeiből legfeljebb 5% esik.	A szilárdság alsó 5%-os küszöb értéke vagy alsó 5%-os kvantilise. (Ugyanis a szöveg a minősítési érték és a jellemző érték fogalmát egyaránt fedi).
3.2. fejezet	$f_{ck, cyl}$ és $f_{ck, cube}$ A beton jellemző szilárdsága	A beton nyomószilárdságának minősítési értéke
3.2. fejezet	$f_{c, cyl}$ és $f_{c, cube}$ A beton nyomószilárdsága	A beton nyomószilárdságának jellemző értéke
3.2. fejezet	f_{tk} A beton jellemző hasító-húzó szilárdsága	A beton hasító-húzó szilárdságának minősítési értéke
4-3.1. fejezet második mondata	Az osztályozáshoz a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas hengerek 28 napos nyomószilárdságának jellemző értékét ($f_{ck, cyl}$) vagy a 150 mm élhosszúságú kockák 28 napos nyomószilárdságának jellemző értékét ($f_{ck, cube}$) szabad használni.	Az osztályozáshoz a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas hengerek 28 napos nyomószilárdságának minősítési értékét ($f_{ck, cyl}$) vagy a 150 mm élhosszúságú kockák 28 napos nyomószilárdságának minősítési értékét ($f_{ck, cube}$) szabad használni.
7. és 8. táblázat fejléce	A legkisebb jellemző hengerszilárdság $f_{ck, cyl}$	A hengerszilárdság minősítési értéke
7. és 8. táblázat fejléce	A legkisebb jellemző kockaszilárdság $f_{ck, cube}$	A kockaszilárdság minősítési értéke
5.5.1.2. fejezet negyedik bekezdése	A betonszilárdság jellemző értéke legyen egyenlő vagy nagyobb, mint az előírt nyomószilárdsági osztálynak a legkisebb jellemző értéke, lásd a 7. és a 8. táblázatot.	A beton nyomószilárdságának jellemző értéke legyen egyenlő vagy nagyobb, mint az előírt nyomószilárdsági osztályhoz tartozó minősítési érték, lásd a 7. és a 8. táblázatot.
5.5.1.3. fejezet második bekezdése	A beton jellemző hasító-húzó szilárdsága legyen egyenlő vagy nagyobb, mint az előírt jellemző hasító-húzó szilárdság.	A beton hasító-húzó szilárdságának jellemző értéke legyen egyenlő vagy nagyobb, mint a hasító-húzó szilárdság előírt minősítési értéke.

8.2.2.3. fejezet harmadik bekezdése	Akár a kezdeti, akár a folyamatos gyártásból vett minták vizsgálati eredményei akkor felelnek meg az előírt jellemző hasító-húzó szilárdságnak (f_{tk}), ha a 16. táblázatban megadott, az adott termelési folyamatra vonatkozó mindkét feltételt kielégítik.	Akár a kezdeti, akár a folyamatos gyártásból vett minták vizsgálati eredményei akkor felelnek meg a hasító-húzó szilárdság előírt minősítési értékének (f_{tk}), ha a 16. táblázatban megadott, az adott termelési folyamatra vonatkozó mindkét feltételt kielégítik.
K3. fejezet bal oszlopának harmadik sora	Minden egyes értékelési időszakban valamennyi átszámított eredmény átlagos szilárdsága nagyobb vagy egyenlő, mint a referenciabeton jellemző szilárdsága, plusz 1,48 x a család szabványos szórása (14. táblázat, 1. feltétel)	Minden egyes értékelési időszakban valamennyi átszámított eredmény átlagos szilárdsága nagyobb vagy egyenlő, mint a referenciabeton szilárdságának minősítési értéke, plusz 1,48 x a család szabványos szórása (14. táblázat, 1. feltétel)

Végül az MSZ EN 206-1:2002 NAD (2004) nemzeti alkalmazási dokumentumot a Magyar Betonszövetség megbízásából készítő egyetemi bizottság 2003. januárjában azt fogadta el, hogy az EN 206-1:2000 és az MSZ ENV 1992-1-1:1999 szabvány (MSZ ENV 1992-1, -2, -3, -4 Eurocode 2) szerinti "karakterisztikus szilárdság" magyar fordítása "jellemző szilárdság", a "legkisebb karakterisztikus szilárdság" magyar fordítása "előírt jellemző szilárdság", és ettől való megkülönböztetésül a mérési eredményekből számított "karakterisztikus szilárdság" magyar fordítása "tapasztalati jellemző szilárdság".

Tehát a "jellemző szilárdság" a szilárdság 5%-os alsó küszöb értéke (kvantilise), amelyet követelményként a **szilárdság előírt jellemző értékének**, mérési eredményekből számított adatként a **szilárdság tapasztalati jellemző értékének** nevezünk.

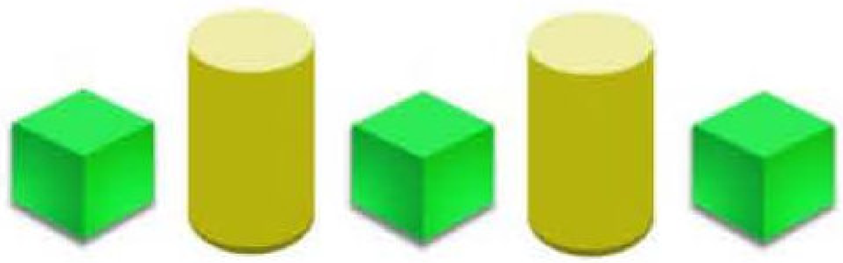
Például a 28 napos korú beton nyomószilárdsága esetén:

- a **nyomószilárdság előírt jellemző értéke** követelmény, amelyet az előíró (építtető, szerkezettervező, betontechnológus) ad meg az MSZ EN 206-1:2002 NAD (2003) szabvány szerint. Jele: $f_{ck,cyl}$ a Φ 150 mm átmérőjű, 300 mm hosszú próbahengeren, illetve $f_{ck,cube}$ a 150 mm élhosszúságú próbakockán értelmezve;
- a **nyomószilárdság tapasztalati jellemző értéke** mérési eredményekből számított adat. Jele: $f_{ck,cyl,test}$ a Φ 150 mm átmérőjű, 300 mm hosszú próbahengeren, illetve $f_{ck,cube,test}$ a 150 mm élhosszúságú próbakockán értelmezve."

Vagy például a 28 napos korú beton hasító-húzószilárdsága esetén:

- a **hasító-húzószilárdság előírt jellemző értéke** követelmény, amelyet az előíró ad meg az MSZ EN 206-1:2002 NAD (2004) szabvány szerint. Jele: f_{tk} a Φ 150 mm átmérőjű, 150 mm hosszú próbahengeren értelmezve;
- a **hasító-húzószilárdság tapasztalati jellemző értéke** mérési eredményekből számított adat. Jele: $f_{tk,test}$ a Φ 150 mm átmérőjű, 300 mm hosszú próbahengeren értelmezve.

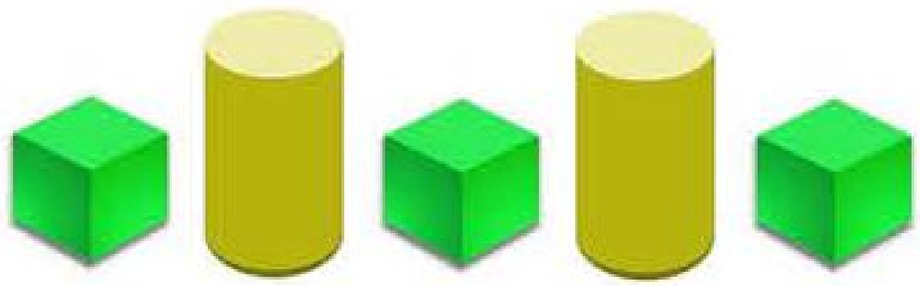
Megállapodás született arról is, hogy "ha a szilárdság értékelésébe bevont próbatestek mérete a fentiektől eltér, akkor minden próbatest szilárdságának mért értékét át kell számítani az ugyan olyan alakú, szabványos méretű próbatest szilárdságára, és a szilárdság tapasztalati jellemző értékét az ugyan olyan alakú szabványos méretű próbatestre átszámított szilárdságokból kell meghatározni".



A **C 30 és C 55 nyomószilárdsági osztályok közötti tartományban** a 150 mm méretű kockákhoz tartozó alsó 5 %-os küszöb értékek az MSZ 4719:1982 és az EN 206-1:2000 szabványokban **eltérnek egymástól.** Ebben a tartományban egyazon nyomószilárdsági osztályon belül az előbbiek ($R_{k150,\ nom}$) kisebb, az utóbbiak ($f_{ck,\ cube}$) nagyobb számértékek. Ennek megfelelően a honosított MSZ EN 206-1:2002 szabvány hatálybalépésének időpontjától az utóbbi, tehát nagyobb értékeket használjuk. E változás a C 30 és C 55 nyomószilárdsági osztályok közötti tartományban természetesen a beton nyomószilárdsági osztályok törtvonal utáni számjelét, és a 200 mm méretű kockákhoz tartozó alsó 5 %-os küszöb értékeket is érintik. Ahol a küszöb érték változik, ott az átlag érték is módosul.

A történeti igazsághoz tartozik, hogy MSZ 4719:1982 nemzeti szabványban szereplő $R_{k150,\ nom}$ küszöb értékeket a szabvány készítői annak idején az ISO 3893:1977 nemzetközi szabványból vették át, és annak honosított, MSZ ISO 3893:1991 számú változatában is ezek a kisebb, ma már helytelenített számértékek szerepelnek. Az MSZ ISO 3893:1991 nemzetközi szabvány előszavában azt is olvashatjuk, hogy az MSZ ISO 3893:1991 "szabvány az EN 60950:1985 európai szabvánnyal is megegyezik". Az EN 60950 számú európai szabványnak ma már más a tartalma (Informatikai berendezések elektromos és tűz biztonsága).

Budapest, 2001. április 12.



A 200 mm méretű próbakockák átlagos nyomószilárdsága, mint a betontervezés alapadata

Az 1982. előtt, - az MSZ 4715-4:1972 és az MSZ 4719:1977, illetve az ezeket megelőző szabványok érvényessége idején - kidolgozott és napjainkban is alkalmazott betontervezési módszerek, és különféle tulajdonságok, mérési eredmények (például roncsolásmentes nyomószilárdság vizsgálat) átszámítási összefüggéseinek használata megköveteli, hogy a beton MSZ EN 206-1:2002 honosított európai szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályát a 200 mm méretű próbakockák átlagos nyomószilárdságának függvényében egységesen fejezzük ki.

A Bolomey-Palotás-féle betontervezés alapadata a 200 mm méretű, vegyesen (2-7 napig víz alatt, azután laboratóriumi levegőn) tárolt, légszáraz állapotban vizsgált próbakockák átlagos, 28 napos $R_{m200} = R_{m200,\ vegyesen}$ nyomószilárdsága:

$$x = \frac{1}{\frac{R_{m200}}{A} + 0{,}3}$$

ahol "x" a vízcementtényező és "A" a cement minőségétől függő állandó.

Adott beton nyomószilárdsági osztályhoz adott "x" vízcementtényező és adott R_{m200} átlagos nyomószilárdság (lásd a 2001. április 12-i táblázat utolsó oszlopát) tartozik.

Kérdés, hogy a megtervezendő, nyomószilárdsági osztályával adott beton esetén a Bolomey-Palotás-féle $x=f(R_{m200})$ összefüggésbe helyettesítendő, a nyomószilárdsági osztály által adott $R_{m200,nom}$ érték egyszerűen hogyan számítható ki, ha a nyomószilárdsági osztályt meghatározó próbakocka mérete nem 200 mm, hanem 150 mm, és nem vegyesen, hanem végig víz alatt tárolt.

A következő táblázat az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerinti beton nyomószilárdsági osztály és a beton nyomószilárdságának 200 mm méretű próbakockákon értelmezett tervezési értéke közötti harmonikus összefüggést adja meg:

A beton nyomószilárdsági osztálya víz alatti tárolás esetén az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerint	A beton átlagos nyomószilárdságának 200 mm méretű próbakockán értelmezett névleges tervezési értéke N/mm^2	
C $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$	$R_{m200,\ nom}$	
(C 4/5; nem szabványos)	(5+3 = 8)	Az MSZ 4798-1:2004 szabvány NAD N2. táblázatába végül bekerült értékek
C 8/10	10+4 = 14	14
C 12/15	15+5 = 20	20
C 16/20	20+6 = 26	26
C 20/25	25+7 = 32	32
C 25/30	30+8 = 38	38
C 30/37	37+9 = 46	47
C 35/45	45+10 = 55	57
C 40/50	50+11 = 61	64

Az 1982. előtt végzett kísérletek eredményei a táblázat utolsó sorában szereplő beton nyomószilárdságot illetve nyomószilárdsági osztályt általában nem haladták meg.

A táblázatban a $\Delta = R_{m200,nom} - f_{ck,cube}$ növekmény lényegében olyan, a szabványos 150 mm méretű, víz alatt tárolt próbakockára vonatkoztatott $s_{150,cube,vizes}$ szórást jelenít meg,
amelynek értéke az n = 5 vizsgálati eredményhez tartozó
t = 2,04 Student-féle tényező mellett: $s_{150,cube,vizes} = 0,5*\Delta$
tehát például: C 16/20 nyomószilárdsági osztályú beton esetén
$\Delta = 6$ és $s_{150,cube,vizes} = 0,5*6 = 3\ N/mm^2$,
vagy C 25/30 nyomószilárdsági osztályú beton esetén
$\Delta = 8$ és $s_{150,cube,vizes} = 0,5*8 = 4\ N/mm^2$.
(Ez hagyományos felfogás,
amely szerint a nyomószilárdság szórása arányos az átlaggal.)

Az MSZ EN 206-1:2002 szabvány nyomószilárdsági osztályainak
és az $R_{m200,nom}$ átlagos kockaszilárdságok
kapcsolatának fenti táblázatához a magyarázat ide kattintva olvasható.

Magyarázat az MSZ EN 206-1:2002 szabvány nyomószilárdsági osztályainak és az $R_{m200,nom}$ átlagos kockaszilárdságok kapcsolatának táblázatához

Az ①, ②, ③, ④ jelek az alábbi táblázat oszlopaira utalnak.

① Ha az MSZ 4719:1982 szabvány alapján számolunk, akkor egyrészt: $R_{m200}=0,94*R_{m150}$, ahol $0,94=R_{m200}/R_{m150}$, azaz 0,94 az ugyanúgy tárolt 200 mm és 150 mm méretű próbakockák nyomószilárdságának hányadosa. Ebben az összefüggésben az MSZ 4719:1982 szabvány 8. táblázatának első és második oszlopa alapján $R_{m200}=R_{k200,nom}/0,75$ (például B 280 jelű beton esetén $0,75*280/10=21$ N/mm^2).

② Ha az MSZ 4719:1982 szabvány alapján számolunk, akkor másrészt: $R_{m200}=1,087*R_{m200,\text{ víz alatt}}$, ahol $1,087=R_{m,\text{ vegyesen}}/R_{m,\text{ víz alatt}}$, azaz 1,087 az ugyanolyan méretű vegyesen és víz alatt tárolt próbakockák nyomószilárdságának hányadosa. Ebben az összefüggésben ugyancsak az MSZ 4719:1982 szabvány 8. táblázatának első és második oszlopa alapján $R_{m200}=R_{k200,nom}/0,75$ (például B 280 jelű beton esetén $0,75*280/10=21$ N/mm^2).

③ Ha az MSZ EN 206-1:2002 szabvány 14. táblázata szerint járunk el, akkor: $R_{m200}=1,087*0,94*f_{cm,cube***}=1,02178*f_{cm,cube***}$, ahol $1,02178=R_{m200}/f_{cm,cube***}$, azaz 1,02178 a vegyesen tárolt 200 mm és a víz alatt tárolt 150 mm méretű próbakockák nyomószilárdságának hányadosa. Ebben az összefüggésben $f_{cm,cube***}= f_{cm,cube}+4* f_{cm,cube}/f_{ck,cyl}$.

④ Ha az ENV 1992-1:1991 (Eurocode 2) szabványtervezet 4.3. táblázatát tekintjük, akkor: $R_{m200}=1,087*0,94*f_{cm,cube****}=1,02178*f_{cm,cube****}$, ahol $1,02178=R_{m200}/f_{cm,cube****}$, azaz 1,02178 a vegyesen tárolt 200 mm és a víz alatt tárolt 150 mm méretű próbakockák nyomószilárdságának hányadosa. Ebben az összefüggésben $f_{cm,cube****}= f_{cm,cube}+8* f_{cm,cube}/f_{ck,cyl}$.

Eszerint a beton nagy valószínűséggel akkor fogja az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerinti C $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$ nyomószilárdsági osztályt elérni, ha összetételének tervezése során a következőképpen meghatározott R_{m200} értékek valamelyikét - például azt, amelyikhez tartozó próbakocka típussal és amelyik szabvány szerint igazoljuk a betonkeverék megfelelőségét - vesszük alapul:

A beton nyomó-szilárdsági osztálya az MSZ EN 206-1:2001 szabvány szerint	MSZ 4719:1982 szerint	MSZ 4719:1982 szerint	MSZ EN 206-1:2002 szerint	ENV 1992-1:1991 (Eurocode 2) szerint
	①	②	③	④
	$R_{m200} = R_{m200,\ vegyesen} =$			
C $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$	$= R_{m200} \sim$ $\sim 0{,}94 * R_{m150}$ N/mm^2	$= 1{,}087 *$ $* R_{m200,\ víz\ alatt}$ N/mm^2	$= 1{,}02178 *$ $* f_{cm,cube***}$ N/mm^2	$= 1{,}02178 *$ $* f_{cm,cube****}$ N/mm^2
C 8/10	12,0	12,0	15,3	20,4
C 12/15	18,7	18,7	20,4	25,5
C 16/20	25,3	25,3	25,5	30,7
C 20/25	32,0	32,0	30,7	35,8
C 25/30	37,3	37,3	35,8	40,9
C 30/37	46,7	46,7	42,9	48,0
C 35/45	57,3	57,3	51,1	56,2
C 40/50	64,0	64,0	56,2	61,3

A táblázatban szereplő R_{m200} értékekből az R_{m150}, $R_{m200,\ víz\ alatt}$, $f_{cm,cube***}$, $f_{cm,cube****}$ értékek visszaszámolhatók.

① és ② Ha a betonkeverék megfelelőségét az MSZ 4719:1982 szabvány szerint igazoljuk, akkor:

$$R_{m200} = R_{m200,\ vegyesen} \approx 1{,}25 * f_{ck,cube}\ [N/mm^2]$$

(például $1{,}25*20 = 25{,}0 \approx 25{,}3$ vagy $1{,}25*25 = 31{,}25 \approx 32{,}0\ N/mm^2$).

Az így meghatározott névleges R_{m200} érték a C 20/25 és C 30/37 nyomószilárdsági osztály között középarányos, e felett a három érték közül a legnagyobb, mint az a fenti táblázatban látszik.

③ Ha a megfelelőség igazolása során az MSZ EN 206-1:2002 szabvány szerint járunk el, akkor:

$$R_{m200} = R_{m200,\ vegyesen} \approx f_{ck,cube} + 6\ [N/mm^2]$$

(például $20 + 6 = 26{,}0 \approx 25{,}3$ vagy $25 + 6 = 31 \approx 32{,}0\ N/mm^2$).

Az így meghatározott névleges R_{m200} érték a C 20/25 nyomószilárdsági osztálytól felfele a három érték közül a legkisebb, mint az a fenti táblázatban látszik.

④ Ha az ENV 1992-1:1991 (Eurocode 2) szabvány 4.3 táblázatát vesszük alapul, akkor:

$$R_{m200} = R_{m200,\ vegyesen} \approx f_{ck,cube} + 11\ [N/mm^2]$$

(például $20 + 11 = 31 \approx 30,7$ vagy $25 + 11 = 36 \approx 35,8\ N/mm^2$).

Az így meghatározott névleges R_{m200} érték a C 30/37 nyomószilárdsági osztályig a legnagyobb, e felett középarányos, mint az a fenti táblázatban látszik. (Megjegyezzük, hogy hasonló feltételt ír elő az MSZ EN 206-1:2002 szabvány "A" melléklete a kezdeti vizsgálatok esetére: $f_{cm} \geq f_{ck} + 12$).

Minthogy a tapasztalatok és a hagyományos felfogás szerint nagyobb szilárdságokhoz nagyobb szórás tartozik, a fenti R_{m200} értékek figyelembevételével, az azokhoz közeljáró, illeszkedő eredményt adó, ismertetett harmonikusan növekvő névleges $R_{m200,\ nom}$ értéksor alkalmazását látjuk egyszerűnek és indokoltnak.

Magyarázat a $\Delta = R_{m200,nom} - f_{ck,cube}$ növekmény és a szórás kapcsolatára

$$f_{ck150,cube,vizes} + \Delta = R_{m200,vegyes}$$

$$f_{ck150,cube,vizes} + t^* s_{150,cube,vizes} = f_{m150,cube,vizes}$$

$$R_{m200,vegyes} - \Delta = f_{cm150,cube,vizes} - t^* s_{150,cube,vizes}$$

$$R_{m200,vizes} = 0,92^* R_{m200,vegyes}$$

$$\frac{R_{m200,vizes}}{0,92} - \Delta = f_{cm150,cube,vizes} - t^* s_{150,cube,vizes}$$

$$R_{m200,vizes} = 0,94^* f_{cm150,cube,vizes}$$

$$\frac{0,94}{0,92}^* f_{cm150,cube,vizes} - \Delta = f_{cm150,cube,vizes} - t^* s_{150,cube,vizes}$$

$$ha \quad \frac{0,94}{0,92} \cong 1,0, \qquad akkor \quad \Delta = t^* s_{150,cube,vizes}$$

$$ha \quad n = 5, \qquad akkor \quad s_{150,cube,vizes} = \frac{\Delta}{t} = \frac{\Delta}{2,04} \approx 0,5^* \Delta$$

tehát: $\boxed{s_{150,cube,vizes} \approx 0{,}5 * \Delta}$

azaz a $\Delta = R_{m200,nom} - f_{ck,cube}$ növekmény lényegében olyan, a szabványos 150 mm méretű, víz alatt tárolt próbakockára vonatkoztatott $s_{150,cube,vizes}$ szórást jelenít meg, amelynek értéke az n = 5 vizsgálati eredményhez tartozó t = 2,04 Student-féle tényező mellett, $s_{150,cube,vizes} = 0{,}5*\Delta$.

Minthogy 0,94/0,97 is 1,0-hez közeli szám, felírható, hogy

ha $f_{ck150,cube,vizes} \approx 1{,}25 * f_{ck,cyl,vizes}$,

akkor feltéve, hogy $s_{150,cube,vizes} \approx 1{,}25 * s_{cyl,vizes}$,

következik, hogy $s_{cyl,vizes} \approx \frac{0{,}5}{1{,}25} * \Delta \approx 0{,}4 * \Delta$

tehát: $\boxed{s_{cyl,vizes} \approx 0{,}4 * \Delta}$

azaz a $\Delta = R_{m200,nom} - f_{ck,cube}$ növekmény lényegében olyan, a szabványos Φ150 mm átmérőjű és 300 mm hosszú, víz alatt tárolt próbahengerre vonatkoztatott $s_{cyl,vizes}$ szórást jelenít meg, amelynek értéke az n = 5 vizsgálati eredményhez tartozó t = 2,04 Student-féle tényező mellett, $s_{cyl,vizes} = 0{,}4*\Delta$.

A fentiekben az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerinti „k” szilárdság eloszlási (ferdeségi) tényező értékét 1,0-nek tekintettük.

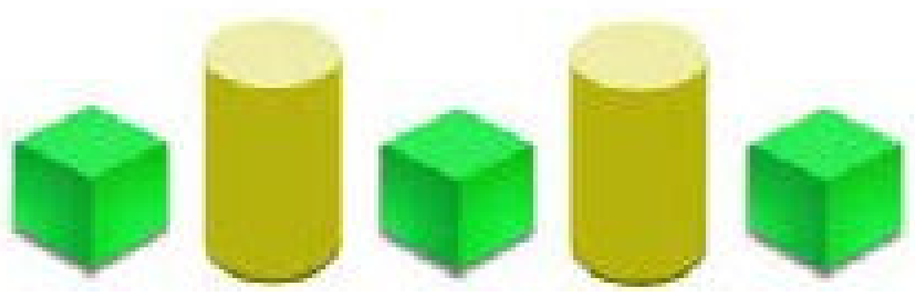
Tehetünk egy olyan megállapítást is, hogy a végig víz alatt tárolt 150 mm méretű próbakocka nyomószilárdsága 2-3 % eltéréssel megegyezik a vegyesen tárolt 200 mm méretű próbakocka nyomószilárdságával, mert a 150 mm méretű próbakockát tekintve, a végig víz alatti tárolás és vízzel telített állapotban való szilárdságvizsgálat szilárdság csökkentő hatását lényegében kiegyenlíti a 200 mm méretű próbakockához képest kisebb méretből adódó szilárdság növelő hatás.

Az $R_{m200,nom}=f(f_{ck,cube})$ értéksor bevezetésével a Bolomey-Palotás-féle $x=f(R_{m200})$ összefüggés a következő alakot ölti:

$$x = \frac{1}{\frac{R_{m200,\ nom}}{A} + 0{,}3}$$

Az $R_{m200,\ nom}$ értéksor a Bolomey-Palotás-féle betontervezéshez azért alkalmazható, mert a betontervezés módszerének megválasztására, és a módszer paramétereire a szabványok előírásokat nem tartalmaznak. Azon túl, hogy a megkövetelt betontechnológiai feltételeknek (például legmagasabb vízcementtényező, legkisebb cementtartalom, legkisebb finomrész tartalom, stb.) teljesülniük kell, a módszer helyességét a megtervezett betonösszetétel laboratóriumi kísérleti ellenőrzése kell, hogy igazolja. Az ellenőrzésnek ki kell terjednie a friss és megszilárdult beton testsűrűségére, a konzisztenciára, a nyomószilárdságra, és szükség esetén a beton különleges tulajdonságaira.

Budapest, 2001. december 8.



A beton alkalmazhatósága az MSZ EN 206-1:2002 NAD (2003) szabvány környezeti feltételei (kitéti osztályok) szerint

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya legalább	Beton cement-tartalma legalább, kg/m^3	Beton víz-cement-tényezője legfeljebb	Egyéb követelmény
1.1. Környezeti hatásoknak ki nem tett beton szerkezetek					
Környezeti hatásoknak (nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás) nem ellenálló, szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	XN(H)	C8/10	210	0,75	-
Környezeti hatásoknak (nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás) nem ellenálló beton	X0b(H)	C12/15	230	0,70	-

1.2. Környezeti hatásoknak ki nem tett vasbeton szerkezetek					
Környezeti hatásoknak (nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás) nem ellenálló vasbeton, legfeljebb 35% relatív páratartalmú helyen	X0v(H)	C16/20	250	0,70	-
2. Karbonátosodásnak ellenálló beton és vasbeton szerkezetek					
Száraz, vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt	XC1	C20/25	260	0,65	-
Nedves, ritkán száraz helyen (épület alapok)	XC2	C25/30	280	0,60	-
Mérsékelten nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben, vagy a szabadban, esőtől védett helyen	XC3	C30/37	280	0,55	-
Váltakozva nedves és száraz, víznek kitett helyen	XC4	C30/37	300	0,50	-
3. Kloridoknak ellenálló beton és vasbeton szerkezetek					
Mérsékelten nedves helyen, levegőből származó kloridoknak kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett, korrózióálló beton	XD1	C30/37	300	0,55	-

Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő kloridoknak kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett, korrózióálló beton (úszómedencék, ipari vizek hatása)	XD2	C30/37	300	0,55	-
Váltakozva nedves és száraz helyen, jégolvasztó kloridok permetének kitett korrózióálló beton (hídelemek, járdák, útburkolatok)	XD3	C35/45	320	0,45	Magyarországon a fagy/olvadási ciklusoknak és jégolvasztó sóknak kitett betonokat az XD3 környezeti osztály helyett az XF4 környezeti osztályba kell sorolni.
4. Tengervízből származó klorid által okozott korrózió Magyarországon csak különleges esetben használatos környezeti osztály					
5. Fagyálló beton és vasbeton szerkezetek					
Függőleges felületű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli fagyálló beton	XF1	C30/37	300	0,55	Légbuborék-képző adalékszer nélkül készül a beton.

Függőleges felületű, mérsékelt víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sók permetének kitett fagyálló beton	XF2	C25/30	300	0,55	Levegőtartalom (képzett) legalább 4.0 térfogat%. Légbuborék-képző adalékszerrel készül a beton.
	XF2(H)	C30/37	300	0,55	Légbuborék-képző adalékszer nélkül készül a beton.
Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli fagyálló beton	XF3	C30/37	320	0,50	Levegőtartalom (képzett) legalább 4.0 térfogat%. Légbuborék-képző adalékszerrel készül a beton.
	XF3(H)	C35/45	320	0,50	Légbuborék-képző adalékszer nélkül készül a beton.
Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett, fagyálló beton (útburkolatok, híd pályalemezek)	XF4	C30/37	340	0,45	Levegőtartalom (képzett) legalább 4.0 térfogat%. Légbuborék-képző adalékszerrel készül a beton.
	XF4(H)	C35/45	340	0,45	Légbuborék-képző adalékszer nélkül készül a beton.

6. Talaj és talajvíz kémiai korróziójának ellenálló beton és vasbeton szerkezetek					
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, enyhén korrózióálló beton	XA1	C30/37	300	0,55	Bármely MSZ EN 197-1:2000 szerinti CEM II jelű cement
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, mérsékelten korrózió- és szulfátálló beton	XA2	C30/37	320	0,50	MSZ 4737-1:2002 szerinti MS jelű, mérsékelten szulfátálló cement
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, erősen korrózió- és szulfátálló beton	XA3	C35/45	360	0,45	MSZ 4737-1:2002 szerinti S jelű, szulfátálló cement
7. Kopásálló beton és vasbeton szerkezetek					
Mérsékelten kopásálló, k 14/21 jelű beton	XK1(H)	C30/37	310	0,50	A homokos kavics, vagy zúzottkő vagy különleges adalékanyag a kopásálló-betonnak megfelelő legyen.
Kopásálló, k 12/18 jelű beton	XK2(H)	C35/45	330	0,45	
Fokozottan kopásálló, k 10/16 jelű beton	XK3(H)	C40/50	350	0,40	
Igen kopásálló, k 8/14 jelű beton	XK4(H)	C45/55	370	0,35	
8. Vízzáró beton és vasbeton szerkezetek					
Vízzáró beton	XV1(H)	C25/30	300	0,60	A homokos kavics szemmegoszlása a vízzáróbetonnak megfelelő legyen.
Fokozottan vízzáró beton	XV2(H)	C30/37	300	0,55	
Igen vízzáró beton	XV3(H)	C30/37	300	0,50	

Megjegyzések:

1. Egyes környezeti feltételeknek (kitéti osztályoknak) megfelelő betonok egyéb környezeti feltételeket is kielégítenek. Ilyen környezeti feltétel kombinációk a C 30/37 nyomószilárdsági osztályú betonok esetén például:

    - XC4, XD2, XF1, XA1, XV2(H);
    - XC4, XD2, XF1, XA2, ha a beton mérsékelten szulfátálló portlandcementtel (és folyósító adalékszerrel) készül.

2. A fenti, "A beton alkalmazhatósága az MSZ EN 206-1:2002 NAD (2004) szabvány környezeti feltételei (kitéti osztályok) szerint" című táblázat az MSZ EN 206-1:2002 NAD (2004) szabvány 1. és F1. táblázatainak összedolgozásával és a NAD (2003) nemzeti alkalmazási dokumentumban szereplő XN(H), X0b(H), X0v(H), XF(H), XK(H), XV(H) környezeti osztályokra vonatkozó, a hazai előírásokon alapuló kiegészítésekkel szerkesztett változat, amely a MSZ EN 206-1:2002 NAD (2004) szabványban a "NAD N1. táblázat" jelet viseli.
3. Az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány a tájékoztatásul szolgáló F. mellékletben azt írja, hogy "az F1. táblázat értékei azon a feltételezésen alapulnak, hogy a szerkezet tervezett élettartama 50 év. Az F1. táblázat értékei az EN 197-1 szabvány **CEM I** cementfajtájának és 20-32 mm legnagyobb névleges szemnagyságú adalékanyagnak a felhasználására vonatkoznak. A legkisebb szilárdsági osztályok a víz-cementtényező és a **32,5** szilárdsági osztályú cementekkel készített betonok szilárdsági osztályai közötti összefüggésből származnak. A legnagyobb víz-cementtényezőre és a legkisebb cementtartalomra előírt határértéket minden esetben alkalmazni kell, míg a beton szilárdsági osztályának a követelményét kiegészítésként lehet előírni."

    Kifejezetten a CEM I 32,5 típusú portlandcementek közé lényegében csak a különleges cementek, mint például a CEM I 32,5 R-S (régi S-54 350 pc) szulfátálló portlandcement tartozik, a szóban forgó táblázat alkalmazása mégis ajánlható (sőt alkalmazását Magyarországon a NAD kötelezővé is tette) más (különösen a CEM II 32,5 szilárdsági osztályú) cementekre is.

    Idézzük a NAD nemzeti alkalmazási dokumentum idevágó bekezdését:

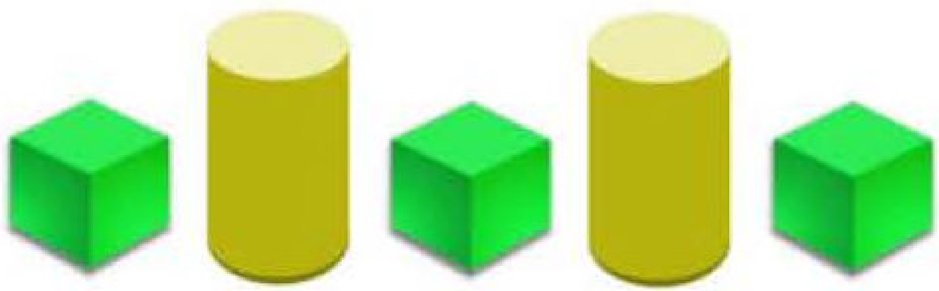
    "Ha CEM 42,5 vagy CEM 52,5 jelű cementtel kell a betonkeveréket elkészíteni, akkor az F1. és a NAD F1. táblázatokhoz képest a beton nyomószilárdsági jele megnő (közelítőleg egy osztállyal CEM 42,5 cement, illetve két osztállyal CEM 52,5 cement felhasználásakor). Ennek ellenére sem szabad a cement adagolást az F1. és NAD F1. táblázatok szerinti megkövetelt cement mennyiség alá csökkenteni, és a víz-cement tényezőt az ezekben a táblázatokban szereplő megengedett víz-cement tényező fölé emelni."

Budapest, 2002. szeptember 7. és kiegészítve: 2003. március 6.

A hivatkozott NAD magyar nemzeti alkalmazási dokumentum
nemzeti szabványként kerül bevezetésre MSZ 4798-1:2004 szám alatt.

Budapest, 2004. február 20.

Lásd még a „Betonok környezeti osztályai” címmel, 2005 júliusában írt dolgozatot.



Vissza a

Noteszlapok abc-ben ***Noteszlapok tematikusan***

tartalomjegyzékhez

Saválló beton

A saválló beton tervezési élettartama 100 év. Az MSZ 4798:2016/4M:2023 magyar betonszabvány szerint a 100 év tervezési élettartamú műtárgyak, ún. monumentális építmények tervezése, készítése és ellenőrzése esetén a betonnyomószilárdság ~50%-os elfogadási valószínűséggel és *Student*-tényezővel való értékelése, valamint a betonfedés követelménye *előírás*, azaz alkalmazása *kötelező*!

Saválló beton tulajdonképpen nem készíthető, adott esetben azonban törekedni kell a savaknak minél jobban ellenálló beton készítésére. A savak oldódásos betonkorróziót okoznak.

A savakkal érintkező betonokat az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint az XA4(H), XA5(H) vagy XA6(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Saválló beton (oldódásos korrózió) esetén elsősorban CEM III/B és CEM III/A kohósalakcement és kohósalakot vagy pernyét vagy traszt (puccolánt) vagy esetleg mindhármat tartalmazó CEM II portlandcement, savállósági kísérletek kedvező eredménye alapján a CEM II portlandcementekhez szilikapor vagy metakaolin is alkalmazandó. Ha a beton egyidejűleg szulfátduzzadást és oldódásos korróziót okozó környezetben van (például szulfátot és agresszív CO_2-ot is tartalmazó vagy kénsav-tartalmú talajvíz, agresszív víz vagy folyadék esetén), akkor a kohósalaktartalmú CEM II MSR és CEM III MSR vagy SR típusú cementek alkalmazása a legelőnyösebb, CEM II MSR típusú portlandcement esetén metakaolin vagy szilikapor kiegészítőanyaggal javítva. Oldódásos korrózió esetén a mészkőliszt tartalmú cementek alkalmazása a mészkőliszt savérzékenysége és nagy fajlagos felülete miatt nem javasolható (MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018, valamint MSZ 4799:2023).

A betonok savállóság vizsgálatának módszereit a német DAfStb Heft 620. helyzetértékelő jelentésben *Gerlach* és szerzőtársai (*Gerlach* et al., 2016) tárgyalják.

A „Chemischer Angriff auf Beton. Prüfverfahren zur Bewertung des Säurewiderstands von Beton" című 41. számú DBV füzetben (DBV Merkblatt, 2017) a beton savállóságának nem szabványos, de Németországban elterjedt hat vizsgálati módszerét mutatják be.

További hasznos olvasmány a 2014-ben megjelent „Chemischer Angriff auf Betonbauwerke. Bewertung des Angriffsgrads und geeignete Schutzprinzipien" című és a 2017-ben megjelent „Chemischer Angriff auf Beton. Empfehlungen zur Prüfung und Bewertung" című DBV Merkblatt.

HIVATKOZOTT IRODALOM

Gerlach, J. – Lohaus, L.: DAfStb Heft 620. Sachstandbericht. Verfahren zur Prüfung des Säurewiderstandes von Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin. Beuth Verlag GmbH. Berlin – Wien – Zürich, 2016.

DBV Merkblatt:2014 Chemischer Angriff auf Betonbauwerke. Bewertung des Angriffsgrads und geeignete Schutzprinzipien (Chemischer Angriff-Merkblatt 2014). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2014.

DBV Merkblatt:2017 Chemischer Angriff auf Beton. Empfehlungen zur Prüfung und Bewertung (Chemischer Angriff-Merkblatt 2017). Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2017.

DBV-Heft 41:2017 Chemischer Angriff auf Beton. Prüfverfahren zur Bewertung des Säurewiderstands von Beton. Deutscher Beton und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, 2017.

Forrás: https://www.betonos-e-konyv.hu/book.php?pdf=betekon-101-5-s.pdf&fb3d-page=1